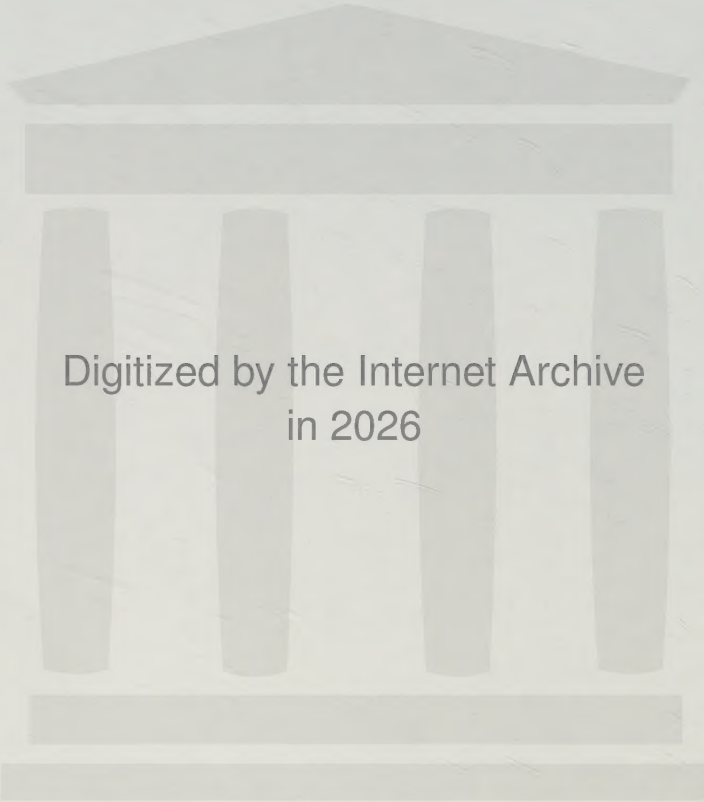


ZUR KNOCHENRESORPTION DES
ALVEOLARFORTSATZES BEI BEZAHNTEN
UND UNBEZAHNTEN OBERKIEFERN

Marie-Luise Koch

Diss
München
1906



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn- Mund- und
Kieferchirurgie der Universität München

Direktor: Professor Dr. Dr. D. Schlegel

ZUR KNOCHENRESORPTION DES
ALVEOLARFORTSATZES BEI BEZAHNTEN
UND UNBEZAHNTEN OBERKIEFERN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Marie-Luise Koch
aus Regensburg

München 1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. D. Schlegel

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 11. März 1986

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	2
2. Literaturübersicht	3
2.1. Anatomische Struktur des Oberkiefers	3
2.2. Kieferentwicklung nach der Geburt	7
2.3. Zusammenfassung der wesentlichen Vorstellungen über Knochenumbauvorgänge	10
2.4. Knochenumbauvorgänge im Kieferbereich	13
3. Problemstellung	16
4. Material und Untersuchungsmethoden	17
4.1. Lage der Meßpunkte und Meßstrecken	19
4.1.1. Meßpunkte	20
4.1.2. Meßstrecken	21
5. Ergebnisse	22
6. Statistische Untersuchungen	40
6.1. Varianzanalyse	40
6.2. T-Test	40
6.3. Kolmogorov-Smirnov-Test	41
7. Diskussion und Ausblick	42
8. Zusammenfassung der Ergebnisse	51
9. Anhang	52
10. Literaturverzeichnis	59

1. Einführung

Dem Zahnverlust folgt die Resorption des Alveolarfortsatzes, weil der Kieferknochen in diesem Bereich keiner physiologischen Stimulation mehr ausgesetzt ist. Abbauvorgänge werden nur partiell durch unvollständige reparative Vorgänge kompensiert (Grohs 1935, Häupl 1943). Derartige Resorptionsvorgänge sind für den Zahnarzt von besonderem Interesse.

Die Form des Kieferkammes bestimmt die Gestaltung des Zahnersatzes. Bei hochgradiger Atrophie ist die Stabilität des Totalzahnersatzes oft nicht mehr gegeben. Spezielle Abformtechniken können erforderlich werden, um die Prothesenbasis in "mechanisch ruhige" Räume der Mundhöhle zu extendieren und so den Halt zu verbessern. In anderen Fällen sind chirurgische Maßnahmen zur Verbesserung des Prothesenlagers notwendig. Wir unterscheiden Eingriffe zur relativen und zur absoluten Erhöhung des Kieferkammes; ihre Differentialindikation hängt von der vorhandenen Ausgangshöhe des Alveolarkammes ab.

Alternativ zu den konventionellen präprothetischen Operationsmethoden stehen heute zahlreiche Verfahren der Dentalimplantologie zur Verfügung, um durch Einpflanzung künstlicher Zahnwurzeln den Zahnersatz abzustützen.

Während die enossalen Implantationstechniken (z.B. Schrauben, Blätter, Stiftimplantate u. a.) ein relativ großes Volumen an vorhandenen Knochen benötigen, sind die subperiostalen Gerüstimplantate, die der Knochenoberfläche direkt aufgelagert sind, nur auf eine geringe Knochenmasse angewiesen. Damit sie dauerhaft lagestabil bleiben, sollen die resorptiven Umbauvorgänge weitgehend abgeschlossen sein.

Studien über Resorptionsvorgänge am Kieferknochen scheinen wegen ihrer Relevanz für die skizzierten klinischen Fragen von Interesse zu sein, vor allem quantitative Untersuchungen, die man in der Literatur selten antrifft.

2. Literaturübersicht

2.1. Anatomische Struktur des Oberkiefers

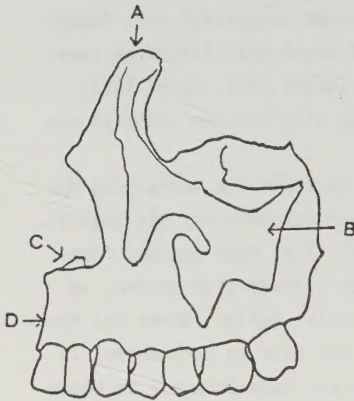


Abbildung 1:

Die Maxilla umfaßt einen
Corpus und 4 Fortsätze:
Processus frontalis (A)
Processus zygomaticus (B)
Processus alveolaris (C)
Processus palatinus (D)

Der Körper der Maxilla (Abbildung 1) umschließt oben mit der Facies orbitalis, hinten mit der Facies infratemporalis, medial mit der Facies nasalis und vorne mit der Facies anterior den Sinus maxillaris.

Der harte Gaumen wird in den vorderen zwei Dritteln vom Processus palatinus, im hinteren Drittel vom Os palatinum gebildet; beide treffen in der Sutura palatina transversa aufeinander, die nach Stieda unterschiedlich verlaufen kann (Abbildung 2).

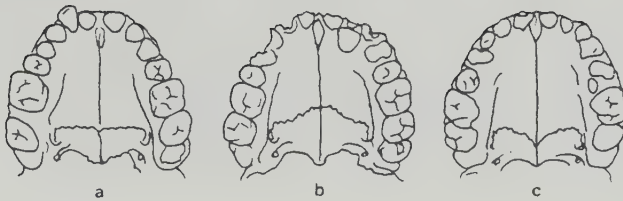


Abbildung 2:

Verlauf der Sutura palatina transversa: gerade (a), nach vorne gekrümmt (b), nach hinten einspringend (c) (umgezeichnet nach Stieda 1930)

Die medialen Bänder der Gaumenfortsätze vereinigen sich in der Sutura palatina mediana. Der Gaumenwulst (Torus palatinus), der sehr verschieden ausgeprägt sein, oder auch völlig fehlen kann, wurde von Fox (1809) als Exostose angesehen. Derartige Randexostosen der Gaumennaht entstehen beidseits der Sutura; diese Verdickung des Gaumenbodens kann sich kamm-, platten- oder tropfenförmig zur Mundhöhle, aber nie zur Nasenhöhle vorwölben. Da Exostosen frühestens 1 - 2 Jahre nach dem Durchbruch der Milchzähne und erst nach dem Einsetzen eines echten Kauvorganges beobachtet werden, nimmt man an, daß sie funktionell bedingt sind und das Gaumendach gegenüber Biegebeanspruchungen absteifen (Heintzel 1954).

Die Form des Processus alveolaris im Oberkiefer ist bereits 1924 von Compte, 1928 von Mühlreiter und de Jonge Cohen detailliert betrachtet worden. Mühlreiter legt seinen Forschungen die Labial- bzw. Bukkalflächen der Zähne zugrunde; er folgert, daß die Form des Oberkiefers eine halbe Ellipse beschreibt.

Ehler, Schumacher und Pfau (1970/1971) beziehen sich bei ihren Untersuchungen auf einen gemittelten Abstand zwischen

dem Innen- und dem Außenrand des Alveolarfortsatzes; demnach entspricht die Form des Alveolarfortsatzbogens bei den bezahnten und unbezahnten Maxilla meist einer kubischen (63,8 %), in selteneren Fällen einer quadratischen Parabel (36,2 %).

Viele Autoren (Cryer 1916, Rogers und Applebaum 1941, Swenson 1947, Tylman und Tylman 1960, Boucher et al 1975) beschreiben, daß sich die Maxilla nach oben und innen resorbiert und sich dadurch ständig in allen Dimensionen verkleinert, die Mandibel hingegen verbreitert sich durch eine stärkere linguale Resorption.

Swenson (1947) erklärt den Resorptionsverlauf mit der Wurzelneigung der Zähne.

Pietrokovski und seine Mitarbeiter (1967, 1976) stellten fest, daß sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer die Resorption bukkal signifikant stärker abläuft als palatinal bzw. lingual und sich die Zahnbogenlänge verkürzt. Der bukkale Knochenabbau ist im Molarengebiet signifikant größer als in der Prämolaren- und Frontregion, die einander ähneln. In beiden Kiefern bewegt sich das Zentrum des Kieferkammes nach palatinal bzw. lingual.

Parkinson (1978) maß die Zahnbogenbreite im Oberkiefer direkt vor den Tubera und im Unterkiefer unmittelbar vor den retromolaren Polstern. Die Bogenbreitendifferenz beträgt im arithmetischen Mittel 6,70 mm und bleibt, unabhängig von der Dauer der Zahnlosigkeit, konstant. Dies veranschaulicht, daß Oberkiefer- und Unterkieferalveolarfortsatz nach palatinal bzw. lingual wandern; es gibt keine fortschreitenden Diskrepanzen in der maxillo-mandibulären Breite.

Besonders verstärkte corticospongiöse Streben, Trajektorien, verankern den Oberkiefer gegenüber mechanischer Druck- und Zugbeanspruchung. Goerke (zitiert nach Birkenbeil 1931), ein

Schüler Walkhoffs, teilt diese Knochenverstärkungen in eine Crista canina, eine Crista alveozygomatica und in Wurzelspitzen trajektorien auf. Sicher und Tandler (1928) nennen einen Eckzahnpfiler, einen Jochbogenpfiler und einen Flügelfortsatzpfiler.

Barth (zitiert aus Birkenbeil 1931) präzisiert diese Vorstellungen: Die Höhentrajektorien der Crista Canina teilen sich in ein maxillo-nasales Trajektorium und ein vorderes maxillo-orbitales Trajektorium auf; weitere Höhentrajektorien liegen als Jochbogeneinstrahlung in Form eines hinteren maxillo-orbitalen Trajektoriums, eines jugo-alveolären Trajektoriums vor. Alveoläre Längstrajektorien unterstützen den inneren und äußeren Verbindungswulst. Das Gaumendach wird von Längstrajektorien und transversal verlaufenden alveo-palatalen Quertrajektorien verstärkt.

Die Größe des Oberkiefers korreliert mit der des Nasenrachens, d. h. ein breiter Oberkiefer ist mit einem weiten Nasenrachen und ein hoher Gaumen mit einem engen Nasenrachen und vermehrten Tubenbelüftungsstörungen verbunden (Hidmann, Lammert, Meertens, Scheerer 1983).

Bei Leptoprosopen ist der Abstand der Wurzelspitzen der Frontzähne zum Sinus im allgemeinen größer als bei Breitgesichtern (Sicher, Tandler 1928). Im Frontzahnbereich geht die innere Lamelle des Alveolarfortsatzes allmählich in die untere Lamelle des Gaumenfortsatzes über. Der dreieckige Zwischenraum aus vestibulärer, palatinaler und nasaler Kompakta wird von spongiöser Knochensubstanz ausgekleidet. Diese variiert in ihrer Ausdehnung nach dorsal; bei hohen Gaumen ist der retroalveoläre Spongiosaraum stark verschmälert.

Die vestibuläre Kompakta ist mit der Alveoleninnenkompakta zu einer dünnen Knochenlamelle verschmolzen; nur selten wird etwas Spongiosa zwischen beiden Lamellen eingeschlossen. Im Bereich der Prämolaren und Molaren ist die vestibuläre Knochenlamelle oft so dünn, daß Dehiszenzen in der Nähe der Wurzelspitzen vorkommen (Sicher, Lloyd, Du Brul 1970).

Die Entfernung der Wurzelspitzen der Incisivi vom Boden des Sinus unterliegt einer überaus großen Streuung. Der seitliche Schneidezahn erreicht aufgrund seiner geringen Wurzellänge und der Lingualwärtsneigung seines Apex in den retroalveolären Spongiosaraum nie den Boden des Sinus nasalis. Der mittlere Incisivus und der Caninus enden im retroalveolären Spongiosaraum.

Die postcaninen Zähne liegen unter dem Boden des Antrum Highmorii. Den ersten bzw. den zweiten Prämolaren trennt eine mindestens 3 - 4 mm bzw. 2 - 3 mm starke Spongiosaschicht vom Sinusboden (Sicher, Tandler 1928).

Die Molarenreihe hat eine sehr enge Beziehung zur Kieferhöhle. Oft reicht der Sinus bis unter das Niveau der Alveolenkuppen in den Alveolarfortsatz hinab; beim ersten Molaren kann diese Vertiefung bis zur Bifurkation gehen. Die Alveolenkuppen des zweiten und dritten Molaren ragen oft als Prominenz in den Sinus maxillaris.

2.2. Kieferentwicklung nach der Geburt

Wie aus Abbildung 3 zu ersehen ist, verlagert sich das stomatognathe System nach vorne und unten; das Gesicht wird höher und prominenter (Hotz 1976). Es tritt eine graduelle Relokation des Viscero- gegenüber dem Neurokranium auf, deren eigentliche Ursachen noch unbekannt sind.

Das Wachstum des Oberkieferkomplexes ist kompliziert, weil Grenzgebiete der Schädelbasis, Teile der Orbita und des Nasenraumes mitbeteiligt sind. Die Wachstumsrichtung der Suturen und Synchondrosen geht ebenfalls aus Abbildung 3 hervor.

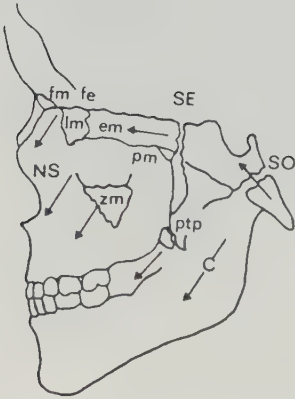


Abbildung 3:
Postnatales kraniofaziales
Wachstumssystem im 7. Lbjh.

(umgezeichnet nach Stöckli
1976)

Sutura fm = fronto-maxillaris

Sutura fe = fronto-ethmoidalis

Sutura lm = lacrino-maxillaris

Sutura em = ethmoido-maxillaris

Sutura pm = palato-maxillaris

Sutura ptp = pterygo-palatina

Sutura zm = zygomatiko-maxillaris

- nicht dargestellt - zygomatiko-frontalis und zygomatiko-temporalis;

SE = Synchondrosis (Sutura) spheno-ethmoidalis,

SO = Synchondrosis spheno-occipitalis,

NS = Nasenseptum,

C = Kondylärer Knorpel.

Die Wachstumsrichtung der Schädelbasis und der fazialen Strukturen ist durch Pfeile angedeutet.

Am Tuber maxillae, einer der wachstumsintensivsten Regionen des Mittelgesichts verlängert sich der Alveolarfortsatz durch Knochenapposition an der dorsalen Oberfläche; dadurch wird Platz für den Durchbruch der Molaren geschaffen. Um die Ausdehnung in Richtung des angrenzenden Processus Pterygoideus zu ermöglichen, verlagert sich der Oberkiefer nach vorne. Der stärker hervortretende Processus Pterygoideus wird durch Resorption an der ventralen und Apposition an der dorsalen Seite nach posterior zurückverlagert.

Die Basis des Processus Zygomaticus stellt eine Umkehrlinie dar, d. h. die appositionelle Oberfläche des Tuber maxillae geht in die resorptive Oberfläche im vorderen lateralen und prämaxillären Anteil über. Das vertikale Alveolarfortsatzwachstum verläuft posterior der Umkehrlinie appositionell und anterior resorptiv; durch diese Remodellierungsvorgänge entsteht genügend Platz für den Zahndurchbruch in der Front, die Zahnwurzeln und die Ausdehnung des Sinus maxillaris. Das Gaumengewölbe entwickelt sich appositionell und verbreitert sich nach dem V-Prinzip an den Schenkeln nach inferior (Abbildung 4). Der Nasenraum wird durch Resorption an der nasalen Seite des Gaumendaches, das sich nach kaudal bewegt, vergrößert. Durch das massive vertikale Alveolarfortsatzwachstum entsteht Platz für die Zahnwurzeln und die Ausdehnung des Sinus maxillaris (Enlow 1968).



Abbildung 4:

Regionale Verteilung periostal appositioneller (helle Stippelung) und resorptiver (dunkle Stippelung) Oberflächen am Oberkiefer. Die weißen Zonen t markieren den Variationsbereich der Umkehrlinien zwischen appositionellen und resorptiven Zonen (umgezeichnet nach Enlow, 1968).

2.3. Zusammenfassung der wesentlichen Vorstellungen über Knochenumbauvorgänge

Wolff formulierte 1892 das sogenannte Transformationsgesetz: Der Knochen wird von der Natur so aufgebaut, daß er bei minimalem Materialaufwand die funktionellste Form und

maximale Leistungsfähigkeit besitzt; veränderten funktionellen Belastungen paßt er sich an. Gebhardt (1906), Triepel (1908/1922) und Zeiger (1933) vertreten die Ansicht, daß der Knochen mit mehrfacher Sicherheit gebaut ist. In seiner Lehre von der funktionellen Anpassung beschreibt Roux (1895) Druck, Zug und Abscherung als Bildungsreize für das Stützgewebe.

Nach Pauwels (1959/1960) gibt es keine spezifisch mechanische Reizqualität für die Knochenbildung; die Ausreifung der Zelle zum Osteocyten erfolge durch chemische und sehr kleine unspezifische mechanische Reize bei völliger mechanischer Belastungsfreiheit. Hydrostatischer Druck führt zur Bildung von Knorpelgewebe, das bei steigendem Druck von Knochengewebe ersetzt wird (chondrale Ossifikation).

Axhausen (1962) erklärt in Übereinstimmung mit Engström und Örell (1943), daß das spezifisch osteogenetische Gewebe a priori knochenbildungsfähig ist, d. h. "Osteoblastenlehre" und "Induktionslehre" werden zu einer einheitlichen Anschauung zusammengefaßt. Die für die Osteogenese präterminierten mesenchymalen Stammzellen werden während der Embryonalentwicklung gebildet (Schweiberer 1970, Young 1963, Knese und Knoop 1958, Putschar 1963, Knese 1966).

Der Knochen wird, insbesondere während der Wachstumsphase, bis zum Tod ständig umgebaut (Burkhardt, Petersen 1928, Ponlot 1960, Enlow 1963).

Während in der Jugend der Knochenanbau überwiegt, stellt sich zwischen dem 20. - 50. Lebensjahr ein Gleichgewicht ein, das sich im Alter zugunsten des Knochenabbaus verschiebt, und zu einer Substanzverminderung führt. Diese Umbauvorgänge sind in der Spongiosa 3 mal so hoch wie in der Kompakta (Frost 1963/1964).

Mechanische Krafteinwirkung und Belastungen zwingen die Knochenstruktur zu einer permanenten Erneuerung (Uehlinger

Puls 1967) und Veränderung des Feinbaus; dabei sind circa 100 Osteoblasten notwendig, um die Aktivität eines Osteoclasten auszugleichen. Pathologische Verhältnisse (z.B. Systemerkrankungen) führen zu einer veränderten Aktivität der osteogenetischen Zellen und zu einer Verschiebung des Gleichgewichts zwischen den Osteoblasten und den Osteoclasten. So ist bei der Osteogenesis imperfecta die Tätigkeit der Osteoblasten gehemmt, und bei Osteoporose überwiegt der Knochenabbau.

Eine Übersicht der komplexen Steuerung der Knochenbildung zeigt die Tabelle nach Pliess (1969):

Faktoren der reaktiven Plastizität des Knochens

I. Chemische Faktoren:

Hormone - Vitamine - Elemente - Nahrung
Medikamente - Chemikalien

II. Physikalische Faktoren:

Mechanische: Druck-, Zug-, Schwerelosigkeit
Ionisierende Strahlen - Elektrizität - Temperatur

III. Komplexe biologische Faktoren:

a. System-inhärente Faktoren:

Frakturen (Kallusbildung)
Alterung des Knochengewebes
Primäre und sekundäre Knochentumoren

b. Korrelative Faktoren:

Änderungen der Bewegungsaktivität
Änderungen der Durchblutung
Änderungen der Innervation

c. Unspezifisch-fakultative Faktoren:

Stoffwechselstörungen
Allgemeininfectionen
Organerkrankungen

Endokrino-logische Faktoren stehen bei der Steuerung der Knochenumbau- und Mineralisationsvorgänge im Vordergrund. Als wesentlich seien nur die Hormone des Calcium-Phosphor-Stoffwechsels (Parathormon und Calcitonin in Verbindung mit Vitamin D), die Corticoide, Hypophysenvorderlappen-hormone (Kimball 1954, Reifenstein 1950) und das Insulin und Thyroxin (Svanberg et al 1973) mit ihrem Einfluß auf Heilungsvorgänge und Aktivität der Osteoblasten und -klasten genannt. Ferner sei an chronische Nierenerkrankungen mit renaler Osteodystrophie im Gefolge erinnert (Söderholm, Lysell, Svensson 1974). Neben zahlreichen Stoffwechselstörungen beeinflussen Vitaminmangel (A, D, C) - aber auch Überdosierungen (Ortman 1962) die Knochenbildung.

2. 4. Knochenumbauvorgänge im Kieferbereich

Das Ausmaß der Resorption und das prognostische Verhalten des Kieferknochens unterliegt einer großen Streuung, da es sich um ein komplexes System handelt. Zur klinischen Abschätzung der Knochenreaktion spricht man von Knochenwiderstand (Tench 1938), dem Knochenfaktor (Glickman 1958) und der Knochenstabilität oder -toleranz (Applegate 1954).

Die Auswirkung funktioneller Kräfte hängt von ihrer Häufigkeit, Intensität, Dauer und Richtung ab. Intermittierende Kräfte können günstig wirken, langandauernde können die Knochenbildung stören. Die Trabekel tolerieren Kräfte entlang der Zahnachse oder im rechten Winkel zur Basis gut, horizontale Kräfte hingegen sollten vermieden werden (Sobolik 1960).

Kräfte senkrecht zur Zahnachse verursachen Knochenresorption, Zahnwanderung und letzten Endes Zahnverlust. Innerhalb physiologischer Grenzen fördern Krafteinwirkungen die Apposition des Knochens; bei weiterer Erhöhung der Kraft wird der Alveolarfortsatz resorbiert. Normalerweise werden Druck

und Zug unter Einschaltung von nicht oder wenig vaskularisierten Geweben übertragen. Nach Zahnverlust wirkt der Druck direkt über den schleimhautgetragenen Zahnersatz auf vaskularisiertes Gewebe, dem Periost, ein; dadurch ist die Blutversorgung des Knochens erschwert und Resorptionsvorgänge können die Folge sein. Bei hohen und breiten Kieferkämme verläuft die Resorption langsamer als bei kleinen, da ein größeres Knochenvolumen pro Zeiteinheit zur Verfügung steht (Atwood 1962). Das Tempo des Knochenabbaus ist umgekehrt proportional zur Dichte des Alveolarknochens (Sobolik 1960). Waren bereits parodontale Schäden vorhanden, so ist ein höherer Knochenverlust festzustellen (Marxkors 1980).

Neben Karies sind Parodontopathien die Hauptursache für den Zahnverlust. Schlechte Mundhygiene, bakterielle Plaqueablagerung (Schei et al 1959, Waerhaug 1967, Löe et al 1965), Attachmentverlust, gesteigerte Zahnbeweglichkeit, Verbreiterung des Parodontalspalts z. B. infolge okklusaler Traumata (Glickman 1963, Svanberg 1974), lokale und systemische Faktoren, sekundär ätiologische Faktoren (Björn, Björn & Grkovic 1969) wie ungenügende zahnmedizinische Versorgung und schlechte Okklusionsverhältnisse fördern das Auftreten von Parodontopathien und damit den Abbau des knöchernen Alveolarfortsatzes (Lindhe et al 1973, Kordachi, Wolffe, Manson 1979).

Langzeituntersuchungen an nicht standardisierten Röntgen-Bißflügelaufnahmen zeigen einen durchschnittlichen jährlichen Knochenschwund von 0,06 bis 0,04 mm, gemessen vom höchsten Punkt der Okklusalfäche der Zahnkrone zur Schmelz-Zementgrenze; der vertikale Knochenverlust beträgt 0,05 bis 0,03 mm (Selikowitz et al 1981). Löe (1978) fand bis zum 20. Lebensjahr keinen Attachmentverlust, bis zum 30. Lebensjahr mesial 0,05 mm und bukkal 0,1 mm und ab dem

40. Lebensjahr 0,08 mm approximal pro Jahr, Axelson und Lindhe (1978) ermittelten einen jährlichen Attachmentverlust von 0,10 bis 0,17 mm.

Die Gingivitis gravidatis ist durch eine objektiv wohl noch nicht faßbare parodontale Reizung und hypertrophisch-hyperplastische entzündliche Veränderung gekennzeichnet (Mühlemann 1951, Rateitschak 1967, Ziskin 1936/1937). Der Einfluß auf den Knochenabbau ist quantitativ noch nicht näher untersucht. Das Gleiche gilt für orale Contraceptiva, die über den Hormonstoffwechsel sicher einen Einfluß auf das Desmodont erwarten lassen. Bei längerer Einnahme nehmen nach El-Ashiry et al 1970/1971 nach circa 9 Monaten die entzündlichen Veränderungen wieder ab.

3. Problemstellung

Resorptionsvorgänge am Kieferkamm nach Zahnverlust sind für eine langfristig erfolgversprechende zahnärztliche Behandlung von besonderem Interesse.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, Ausmaß und Lokalisation von Resorptionsprozessen am Processus alveolaris der Maxilla von mazerierten Schädeln zu beschreiben. Zahlenmäßige Meßergebnisse der Höhen- Breiten- und Längsbestimmungen sollen statistisch ausgewertet und hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz untersucht werden.

4. Material und Untersuchungsmethode

Von 63 unbezahnnten und 54 bezahnnten mazerierten Schädeln werden Alginat-Abdrücke des Processus alveolaris des Oberkiefers erstellt und mit Hartgips ausgegossen.

Die Schädel stammen aus den Sammlungen der Anatomischen Anstalten in Innsbruck und München.

Da es sich um anatomische Präparate handelt, konnte nur bei einer sehr geringen Anzahl Alter, Geschlecht und Herkunft ermittelt werden; diese Faktoren wurden deshalb bei der weiteren Auswertung der Ergebnisse nicht berücksichtigt. Bezahnte und unbezahnte Oberkiefer wurden zunächst getrennt betrachtet und anschließend verglichen.

Folgende Bezugspunkte wurden für alle Messungen festgelegt (Abbildung 5, 6):

Durch beide Foramina palatina wird eine Ebene ($1 - 1'$) gelegt, die senkrecht zur Medianebene und parallel zur Frontalebene verläuft. Im Abstand von jeweils 10 mm verschiebt man diese Ebene parallel nach ventral. Am Außenrand des Alveolarfortsatzes ergeben sich so von dorsal nach ventral fortschreitend folgende Meßpunkte:

rechts: 1, 2, 3, 4, 5 und links: $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, $5'$.

Bei bezahnnten Oberkiefern ist $1/1'$ der 8er Region, $2/2'$ der 7er Region, $3/3'$ der 6er Region bzw. der Mitte der Crista zygomatica, $4/4'$ der 4/5er Region und $5/5'$ der 3er Region vergleichbar.

Weitere Abmessungen erfolgten am Hinterrand (7) des Foramen incisivus, dem Foramen palatinum dextrum (8) et sinistrum (9) und am Staphylion (6). Als Meßinstrument wird eine Schublehre verwendet.

Zunächst wurde die transversale Distanz der bukkalen Alveolarfortsatzflächen (a), der Abstand der palatinalen Begrenzungslinien des Processus alveolaris (b) und die maximale Breite des rechten (c) und linken (c') Alveolar-

fortsatzes in Höhe des Palatum durum mit einer Schublehre ermittelt. Danach wurde die Höhe des rechten (d) und linken (d') Processus alveolaris, die durch das kaudale Ende des Kieferkammes und durch das Palatum durum begrenzt wird, gemessen; hierzu wurde der hintere Teil des verschiebbaren vertikalen Stabes der Schublehre direkt neben den rechten bzw. linken palatinalen Alveolarfortsatzflächen auf das Palatum durum aufgesetzt.

Weitere Meßstrecken liegen zwischen dem Hinterrand des Foramen incisivums (7) und dem Staphylion (6), dem Hinterrand des Foramen incisivums (7) und dem rechten (8) bzw. linken (9) Foramen palatinum und zwischen beiden Foramina palatina (8 - 9).

Unterschiede zwischen der Gruppe der bezahnten und unbezahnten Oberkiefer werden varianzanalytisch auf ihre Signifikanz geprüft.

Die Alveolarfortsatzbreiten und -höhen werden über einen 2-seitigen T-Test und eine Korrelationsanalyse auf ihre Ähnlichkeit untersucht.

Die Verteilung der einzelnen Parameter wird mit Hilfe der Kolmogorov-Smirnov-Testes auf Normalverteilung getestet.

Über eine nicht lineare Regressionsgleichung wird die Form des bezahnten und unbezahnten Oberkiefers in Beziehung zu den ermittelten Meßdaten gesetzt; Bestimmtheitsmaße (R-Square) und Korrelationskoeffizienten werden errechnet.

4. 1. Lage der Meßpunkte und Meßstrecken

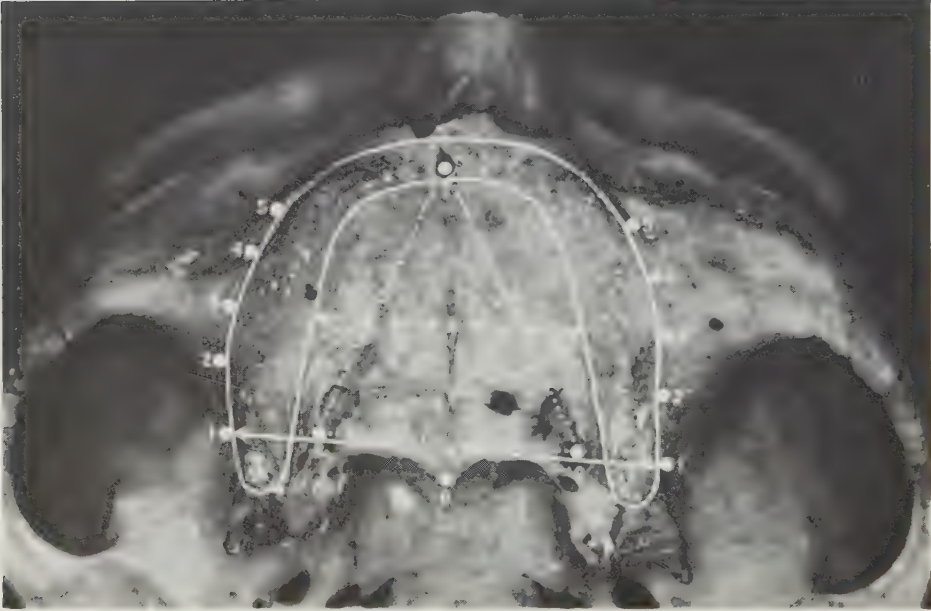


Abbildung 5: Lage der Meßpunkte und Meßstrecken am Oberkiefer; vgl. Abbildung 6.

4. 1. 1. Meßpunkte:

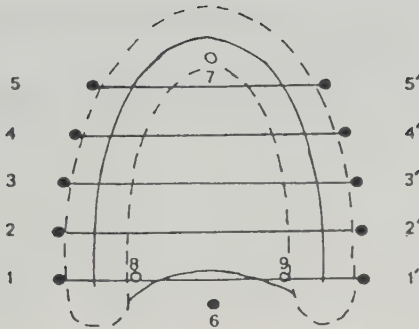


Abbildung 6: Lage der Meßpunkte am Oberkiefer

1 - 1': Durch beide Foramina palatina wird eine Ebene gelegt, die senkrecht zur Medianebene verläuft. Diese Gerade wird bis zur vestibulären Alveolarfortsatzfläche verlängert und man erhält rechts 1 und links 1'.

Durch Parallelverschiebung um je 10 mm nach ventral ergeben sich rechts 2, 3, 4, 5 und links 2', 3', 4', 5'.

6 : Staphylion: Schnittpunkt einer Tangente, die an die hinteren Ausschnitte des Gaumens angelegt wird, mit der Medianebene (nach Th. Mollison)

7 : Hinterrand des Foramen incisivums

8 : Foramen palatinum dextrum

9 : Foramen palatinum sinistrum

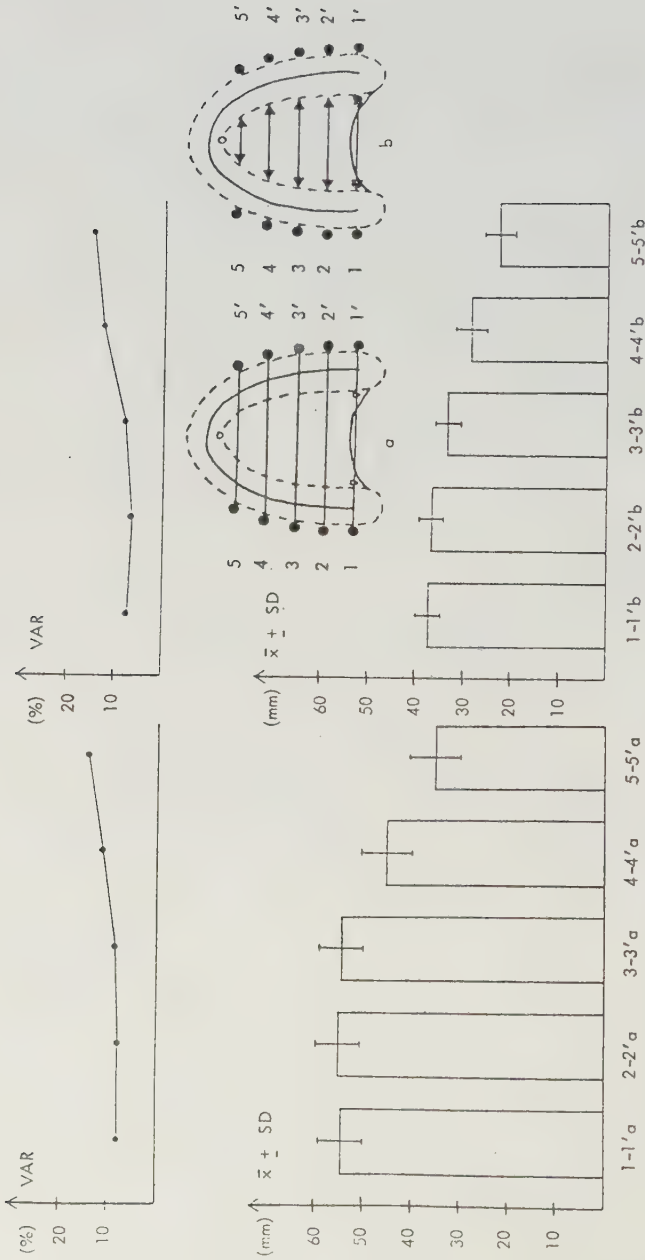
4. 1. 2. Meßstrecken:

- a : transversale Distanz der bukkalen Alveolarfortsatzflächen
- b : Abstand der palatinalen Begrenzungslinien des Processus alveolaris
- c/c' : maximale Breite des rechten (c) und linken (c') Alveolarfortsatzes in Höhe des Palatum durum
- d/d' : Höhe des rechten (d) und linken (d') Processus alveolaris, die durch das kaudale Ende des Kieferkammes und durch das Palatum durum begrenzt wird.
- 7-8/9 : Abstand zwischen dem Hinterrand des Foramen incisivums (7) und dem Vorderrand des rechten (8) bzw. linken (9) Foramen palatinum.
- 6-7' : Meßstrecke, die vom Staphylion (6) und dem posterioren Rand des Foramen incisivums (7) begrenzt wird.
- 8-9 : Distanz beider Foramina palatina

5. Ergebnisse

Alle zahlenmäßigen Meßwerte sind, soweit sie nicht erwähnt werden, im tabellarischen Anhang aufgeführt.

Die transversalen vestibulären Oberkieferbreiten (a) sowie die palatinalen Abstände des Oberkieferalveolarfortsatzes (b) sind in Graphik 1 und 2 dargestellt. Die Ordinate zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichung ($\bar{X} \pm SD$ in mm) bzw. die entsprechenden Variationskoeffizienten (VAR in %). Die Abszisse gibt Aufschluß über die Lage der einzelnen Meßstrecken. Für den unbezahnten Oberkiefer ergeben sich im einzelnen folgende Resultate (Graphik 1, vergleiche Tabelle 1): Die Mittelwerte der transversalen Distanzen der bukkalen Alveolarfortsatzflächen (a) sind im posterioren Bereich (Meßpunkt 1, 2, 3) relativ konstant ($\bar{x}$: 54,5 - 55,6 mm, SD: 4,4 - 4,8 mm, VAR: 8,0 - 8,8 %). Nach anterior (Meßpunkt 4,5) verschmälern sich die Kiefer (Meßpunkt 5: $\bar{x}$ = 35,4 mm). Die Streuung nimmt ab der Mitte der Crista zygomatica (Meßpunkt 3) nach vorne zu SD: 5,0 - 5,2 mm, VAR: 11,0 - 14,6 %). Die Säulendiagramme rechts in Graphik 1 zeigen die palatinalen Abstände des Processus alveolaris (b) im Mittelwert. In der Sagittalen nimmt das arithmetische Mittel (Meßpunkt 1: $\bar{x}$ = 37,1 mm) insbesondere ab der Mitte der Crista zygomatica (Meßpunkt 3: $\bar{x}$ = 33,4 mm) ab (Meßpunkt 5: $\bar{x}$ = 22,9 mm). Die Streuung der Meßwerte ist von posterior bis zur Mitte der Crista zygomatica (Meßpunkte 1, 2, 3) relativ konstant (SD: 2,5 - 2,8 mm, VAR: 12,4 - 14,9 %).



Graphik 1 : Transversale Breiten bei unbezahnnten Oberkiefern (n = 63)

Die Säulendiagramme zeigen links die transversalen Distanzen der buccalen Alveolarfortsatzflächen (a) und rechts die Abstände der palatinalen Begrenzungs/linien des Processus alveolaris (b) im Mittelwert ($\bar{x}$).

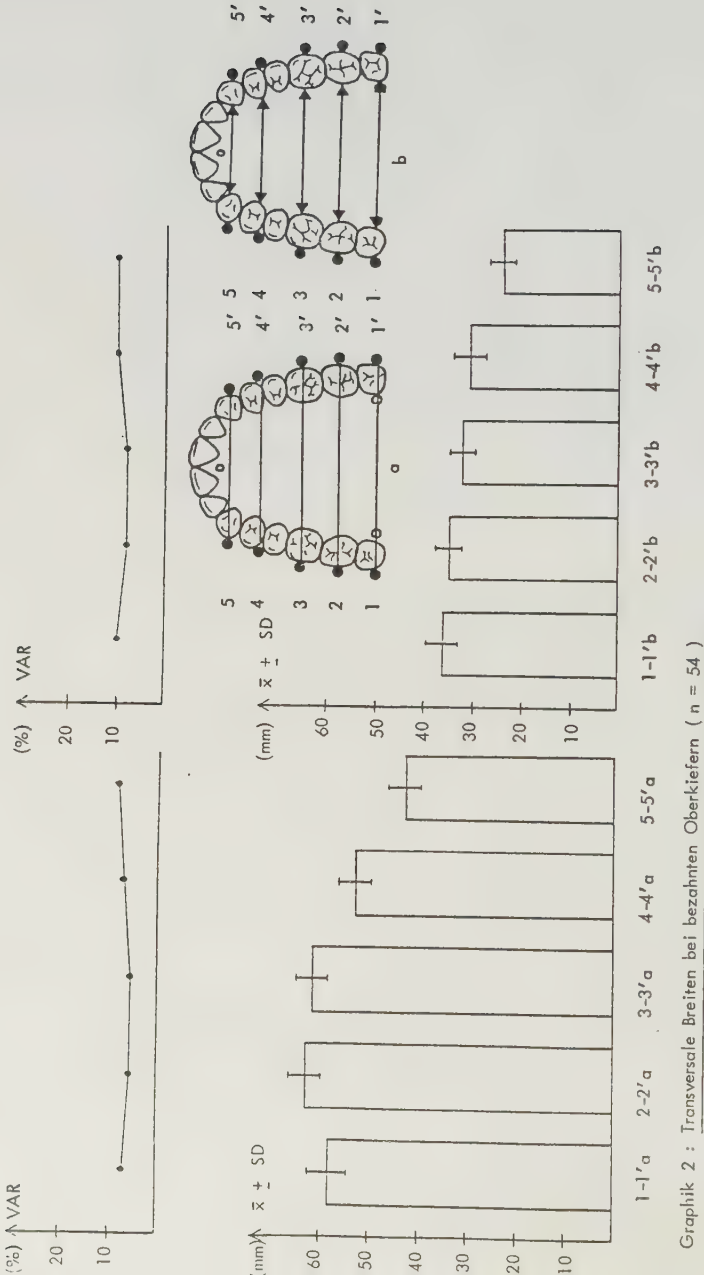
In der Graphik darüber werden die entsprechenden Variationskoeffizienten (VAR) angegeben. Die Skizze veranschaulicht die Lage der Meßstrecken. Die Streuung der transversalen Breiten nimmt an den ausgewählten Meßstellen in der Sagittalen nach anterior (4, 5), besonders signifikant ab der Mitte der Crista zygomatica (3), zu.

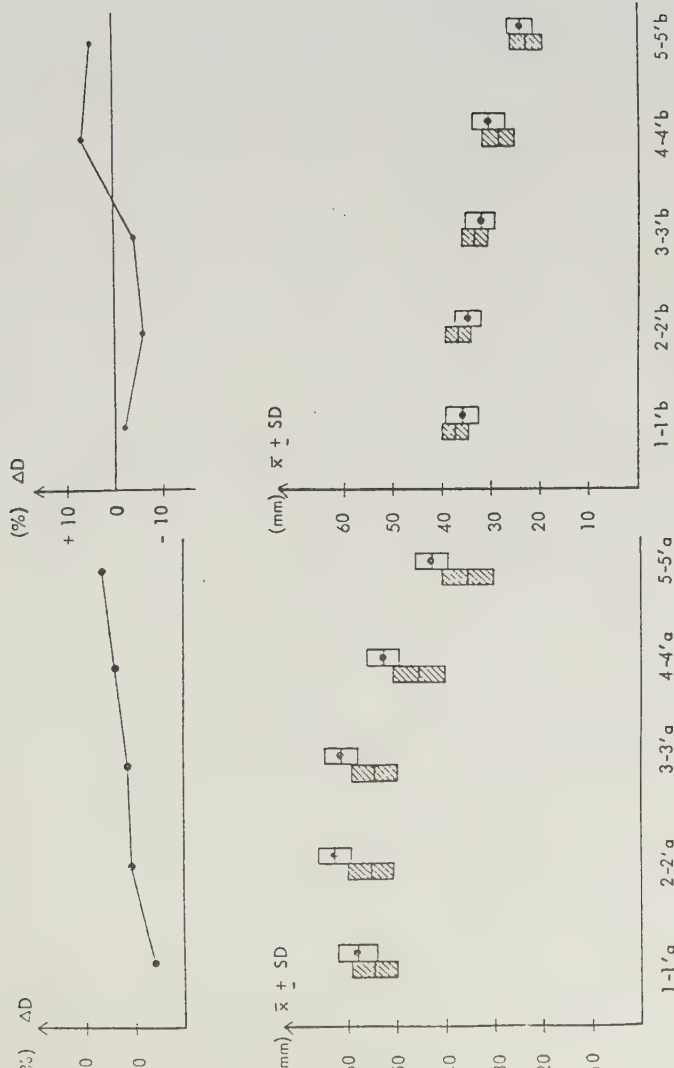
Graphik 2 (vergleiche Tabelle 1) zeigt die transversalen Breiten für bezahnte Oberkiefer. Die durchschnittlichen transversalen Distanzen der vestibulären Alveolarfortsatzflächen (a) sind im distalen Bereich relativ konstant (Meßpunkt 1, 2, 3: $\bar{x} = 58,0 - 62,4$ mm) und verringern sich nach vorne (Meßpunkt 5: $\bar{x} = 42,4$ mm). Die Streuung der Meßwerte ist etwas geringer als bei unbezahnten Maxillen, wird aber in der Sagittalen nach anterior (Meßpunkt 4, 5) größer (SD: 3,0 - 3,9 mm, VAR: 5,0 - 8,3 %).

Die Mittelwerte der palatinalen Begrenzungslinien des Kieferkammes (b) werden in der Graphik 2 rechts dargestellt. Sie nehmen von dorsal (Meßpunkt 1: $\bar{x} = 36,3$ mm) nach ventral (Meßpunkt 5: $\bar{x} = 24,0$ mm), insbesondere circa 10 mm vor der Mitte der Crista zygomatica (Meßpunkt 4), kontinuierlich ab. Die Streuung ist am geringsten bei den Meßpunkten 2, 3 (SD: 2,6 - 2,7 mm, VAR: 7,7 - 8,2 %) und steigt nach anterior (Meßpunkt 5: SD: 2,5 mm, VAR: 10,3%).

Graphik 3 (vergleiche Tabelle 3) erlaubt einen Vergleich der transversalen Breiten bei bezahnten und unbezahnten Oberkiefern. Die transversalen Distanzen der bukkalen Alveolarfortsatzflächen (a links in Graphik 3) sind im Mittelwert bei den bezahnten Maxillen größer als bei den unbezahnten. Die prozentuale Differenz (ΔD) der einzelnen Meßwerte, bezogen auf die Mittelwerte der bezahnten Oberkiefer, nimmt von posterior (ΔD bei Meßpunkt 1: 6,6 %) nach anterior (ΔD bei Meßpunkt 5: 16,5 %) deutlich zu. Stärkere Resorptionsvorgänge treten vestibulär, besonders im anterioren Bereich (Meßpunkt 4, 5) vor der Mitte der Crista zygomatica (Meßpunkt 3), auf.

Die durchschnittlichen Abstände der palatinalen Begrenzungsflächen des Kieferkammes (b rechts in Graphik 3) zeigen im Vergleich der bezahnten und unbezahnten Maxillen nur





Graphik 3 : Vergleich der transversalen Breiten bei bezahnten und unbezahnten Oberkiefern

Die Mittelwerte der transversalen Breiten sind für bezahnte und unbezahnte Oberkiefer in Kästchendiagrammen dargestellt.

Das linke Bild zeigt die transversalen Distanzen der buccalen Alveolarfortsätze (a), das rechte Bild die Abstände der palatinalen Begrenzungslinien des Processus alveolaris (b). Aus den Kurven darüber sind die entsprechenden prozentualen Differenzen (ΔD), bezogen auf die Mittelwerte der bezahnten Maxillen, zu ersehen. Buccal steigen die Differenzen nach anterior an, palatinal bestehen nur geringfügige Unterschiede.

geringfügige Unterschiede (ΔD : 1,6 - 6,8 %); palatinal bleibt die Form des Oberkiefers nach Zahnverlust weitgehend erhalten.

Die Mittelwerte ($\bar{x}$) und die entsprechenden Standardabweichungen (SD) der rechten und linken Alveolarfortsatzbreiten für bezahnte und unbezahnte Oberkiefer sind der Graphik 4 (vergleiche Tabelle 2, 3) zu entnehmen.

Die Alveolarfortsätze verbreitern sich von posterior bis zur Mitte der Crista zygomatica:

Meßpunkt 1 : (bezahnt) $x_{re/li}$: 10,9 - 11,0 mm
(unbezahnt) $x_{re/li}$: 8,7 mm

Meßpunkt 3 : (bezahnt) $x_{re/li}$: 14,5 - 14,7 mm
(unbezahnt) $x_{re/li}$: 10,5 mm

Danach verschmälern sich die Kieferkämme:

Meßpunkt 5 : (bezahnt) $x_{re/li}$: 9,2 mm
(unbezahnt) $x_{re/li}$: 6,2 mm

Die Streubreite (VAR) steigt bei den unbezahnte Maxillen von dorsal nach ventral:

(Meßpunkt 1: VAR_{re} : 23,0 %; VAR_{li} : 21,5 %

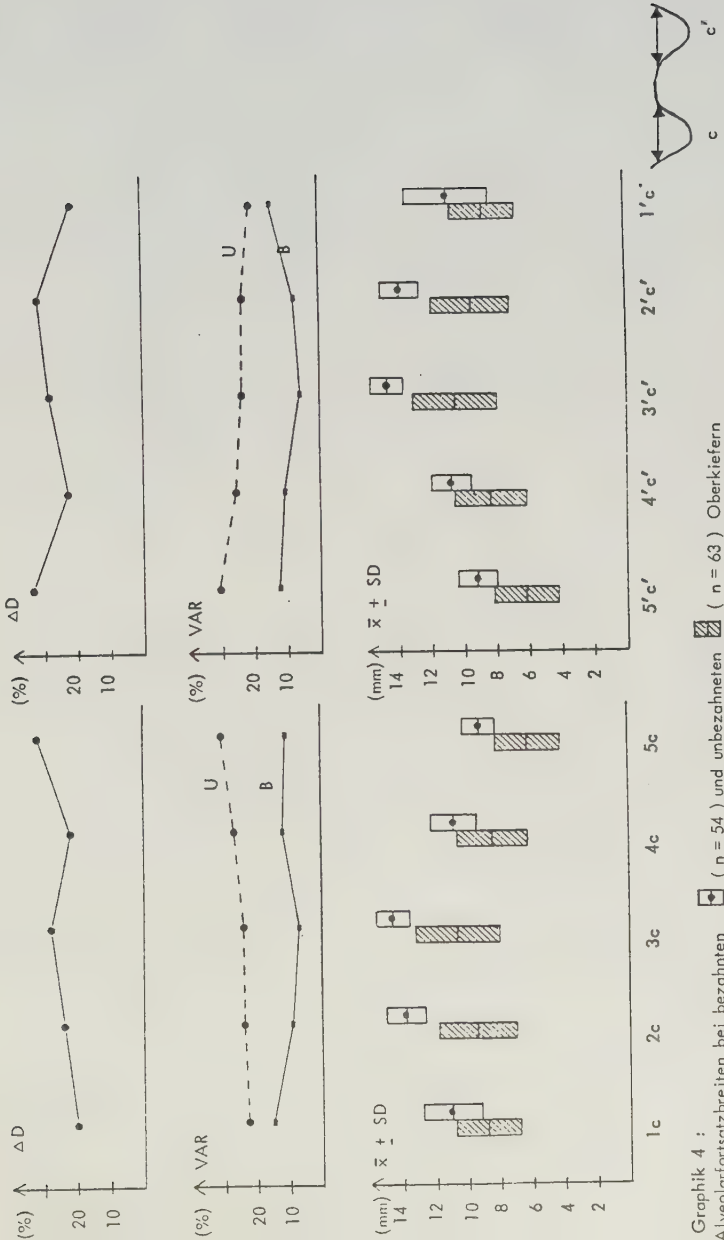
SD_{re} : 2,0 mm; SD_{li} : 1,9 mm;

Meßpunkt 5: VAR_{re} : 31,0 %; VAR_{li} : 31,3 %;

SD_{re} : 1,9 mm; SD_{li} : 1,9 mm).

Bei den bezahnten Oberkiefern ist die Varianz im posterioren Gebiet am größten (Meßpunkt 1: VAR_{re} : 15,3 %; VAR_{li} : 14,7 %; SD_{re} : 1,7 mm; SD_{li} : 1,6 mm); ansonsten bewegt sie sich zwischen 6,0 - 12,5 % (bzw. SD: 0,9 - 1,3 mm).

Die prozentuale Differenz (ΔD) zwischen beiden Gruppen,



bezogen auf die Mittelwert der bezahnten Maxillen, bzw. die Atrophie des Processus alveolaris steigt in der Sagittalen von hinten (Meßpunkt 1: $\Delta D_{re} = 20,2\%$; $\Delta D_{li} = 20,9\%$) nach vorne (Meßpunkt 5: $\Delta D_{re/li} = 32,6\%$).

Die Höhe des rechten (d) und linken (d') Alveolarfortsatzes, die durch den Gipfel des Alveolarfortsatzes und das Palatum durum bestimmt wird, ist für unbezahnte Oberkiefer der Graphik 5, für bezahnte Oberkiefer der Graphik 6 zu entnehmen. Die Ordinate gibt Auskunft über Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (SD) bzw. Variationskoeffizient (VAR), die Abszisse über die Lage der jeweiligen Meßpunkte.

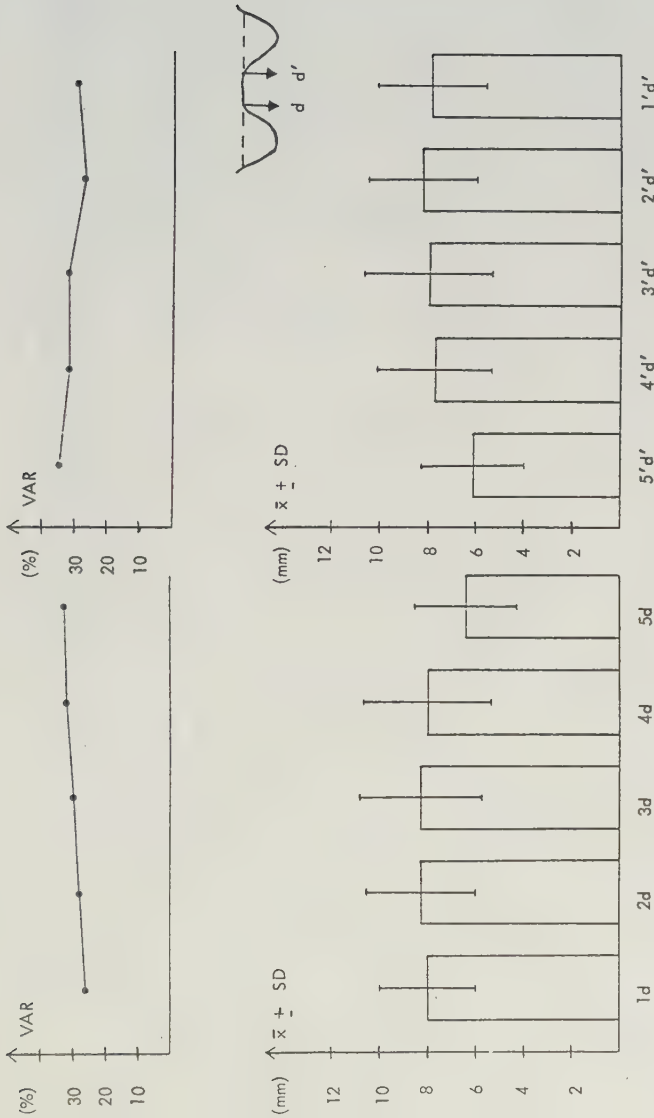
Graphik 5 (vergleiche Tabelle 2) zeigt, daß sich die Mittelwerte der Alveolarfortsatzhöhen (d, d') bei unbezahnten Maxillen von posterior bis circa 10 mm vor der Mitte der Crista zygomatica ziemlich konstant verhalten (Meßpunkt 1, 2, 3, 4: $\bar{x}_{re} = 8,0 - 8,3$ mm, $\bar{x}_{li} = 7,9 - 8,2$ mm) und davor stärker absinken (Meßpunkt 5: $\bar{x}_{re} = 6,4$ mm, $\bar{x}_{li} = 6,1$ mm). Die Streubreite steigt geringfügig nach anterior (SD: 2,0 - 2,6 mm, VAR: 25,9 - 34,5 %).

Die durchschnittlichen Alveolarfortsatzhöhen (d, d') für bezahnte Oberkiefer sind in der Graphik 6 (vergleiche Tabelle 2) angegeben. In dem Bereich vor und hinter der Mitte der Crista zygomatica ist der Processus alveolaris am höchsten (Meßpunkt 2, 3, 4: $\bar{x}_{re} = 12,7 - 12,9$ mm, $\bar{x}_{li} = 12,0 - 12,2$ mm). Die niedrigsten Höhen des Alveolarfortsatzes finden sich am Meßpunkt 1 und 5 (Meßpunkt 1: $\bar{x}_{re} = 11,2$ mm, $\bar{x}_{li} = 10,7$ mm, Meßpunkt 5: $\bar{x}_{re} = 11,3$ mm, $\bar{x}_{li} = 10,8$ mm).

Die Streuung der Meßwerte nimmt im anterioren Bereich zu (Meßpunkt 1, 2, 3, 4, 5:

$$VAR_{re} = 12,8 - 22,0\%; \quad VAR_{li} = 13,4 - 22,3\%;$$

$$SD_{re} = 1,6 - 2,5\text{mm}; \quad SD_{li} = 1,4 - 2,4\text{mm}).$$

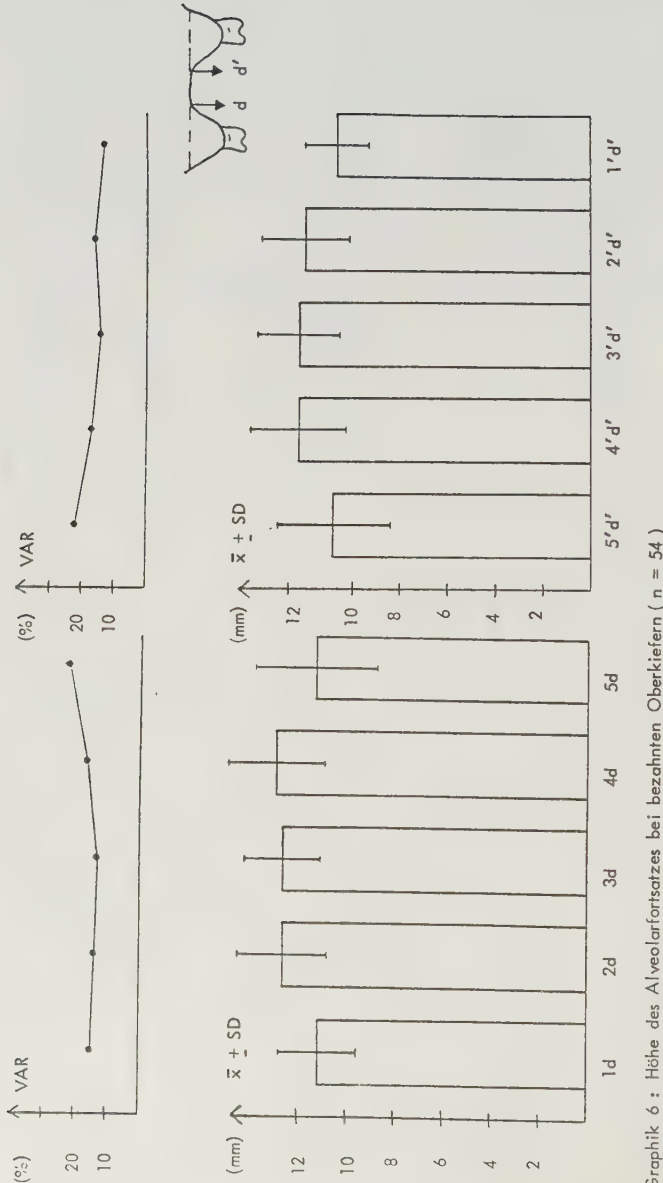


Graphik 5 : Höhe des Alveolarfortsatzes bei unbezahnnten Oberkiefern (n = 63)

Die Mittelwerte ($\bar{x}$) der rechten (links : d) und linken (rechts : d') Höhen des Processus alveolaris sind den Säulendiagrammen zu entnehmen. Die Höhe wird durch das Kaudale Ende des Kieferkammes und durch das Palatum durum bestimmt. (Skizze)

Die Graphik darüber gibt über die entsprechenden Variationskoeffizienten Auskunft.

Die Varianz der Meßwerte an den ausgesuchten Meßpunkten nimmt geringfügig nach anterior zu (Meßpunkt 4 , 5).



Graphik 6 : Höhe des Alveolarfortsatzes bei bezahnten Oberkiefern (n = 54)

Die Säulendiagramme zeigen die rechten (d links im Bild) und linken (d' rechts im Bild) Höhen des Alveolarfortsatzes. Die Höhe wird durch das kaudale Ende des Processus alveolaris und durch das Palatum durum begrenzt. Die dazugehörigen Variationskoeffizienten (VAR) sind in der obigen Graphik angegeben. Die Meßstrecke ist in der Skizze wiedergegeben.

Die Streuung der Meßwerte an den definierten Meßstellen wird nach ventral (Meßpunkt 4 , 5) größer.

Die Kästchendiagramme in Graphik 7 (vergleiche Tabelle 3) zeigen Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der rechten (d) und linken (d') Alveolarfortsatzhöhen bei bezahnten und unbezahnten Maxillen in der Gegenüberstellung. Die darüberliegende Graphik gibt die prozentualen Differenzen (ΔD) der entsprechenden Mittelwerte, bezogen auf die der bezahnten Oberkiefer an.

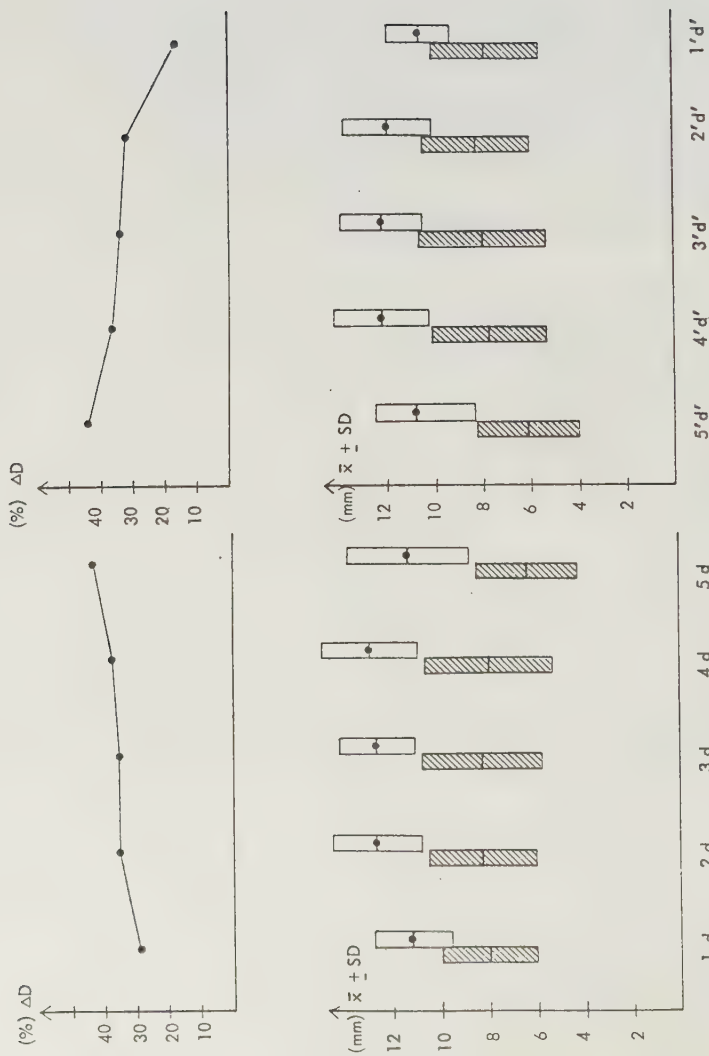
Nach dem Zahnverlust ist in der ganzen Ausdehnung des Alveolarfortsatzes ein Höhenabbau feststellbar. Im Bereich des Tuber maxillae (Meßpunkt 1) beträgt die Höhenreduktion zwischen 2,8 (links) und 3,2 (rechts)mm; sie steigt im anterioren Bereich des Alveolarfortsatzes auf 3,8 - 4,9 mm (Meßpunkte 2, 3, 4, 5). Dies drückt sich auch in der prozentualen Differenz (ΔD) aus, die im Tuberbereich ca. 26,2 - 28,6 % und anterior 43,4 - 43,5 % (Meßpunkt 5) ausmacht.

Graphik 8 (vergleiche Tabelle 4) zeigt die Abmessungen des interforaminellen Dreieckes, bestehend aus dem Abstand zwischen dem Hinterrand des Foramen incisivums (7) und dem rechten (8) bzw. linken (9) Foramen palatinum sowie dem Innenabstand beider Foramina.

Die Distanz zwischen dem Hinterrand des Foramen incisivums (7) und dem Staphylion (6) wird ebenfalls bestimmt.

Unbezahnte Oberkiefer:				Bezahnte Oberkiefer:			
Meßwert	x(mm)	SD(mm)	VAR(%)	Meßwert	x(mm)	SD(mm)	VAR(%)
7-8(a)	35,1	2,1	6,0	7-8	35,5	2,0	5,3
7-9	35,3	2,1	6,1	7-9	35,6	2,2	6,0
8-9	29,2	2,0	7,1	8-9	28,8	2,8	9,8
7-6	36,3	2,7	7,3	7-6	36,9	4,2	11,3

(Tabelle 4, siehe Graphik 8)

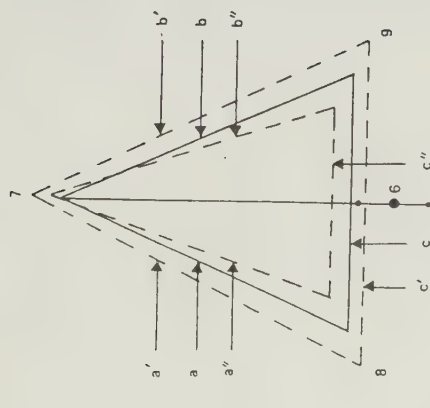


Graphik 7 : Vergleich der rechten und linken Alveolarfortsatzhöhen bei bezahnten und unbezahnten Oberkiefern

Die Kästchendiagramme zeigen die Mittelwerte ($\bar{x}$) der Alveolarfortsatzhöhen bei bezahnten  und unbezahnten  Oberkiefern auf der rechten (d links im Bild) und linken (d' rechts im Bild) Seite.

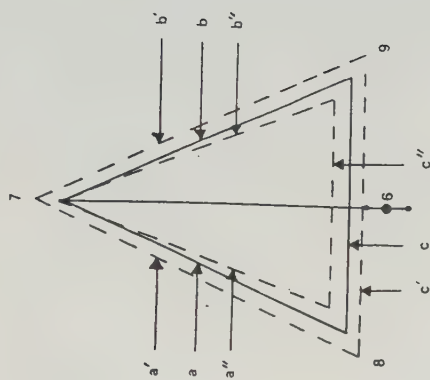
Der Graphik darüber sind die prozentualen Differenzen der Mittelwerte, bezogen auf die der bezahnten Maxillen, zu entnehmen.
Die prozentualen Differenzen vergrößern sich nach anterior (4 , 5).

Bezahlte Oberkiefer



M = 2 : 1

Unbezahlte Oberkiefer



a' : 37,2 mm b' : 37,4 mm c' : 31,2 mm
a : 35,1 mm b : 35,3 mm c : 29,2 mm
a'' : 33,0 mm b'' : 33,2 mm c'' : 27,2 mm

a' : 37,5 mm b' : 37,8 mm c' : 31,6 mm
a : 35,5 mm b : 35,6 mm c : 28,8 mm
a'' : 33,5 mm b'' : 33,4 mm c'' : 26,0 mm

Graphik 8 : Interaminelles Dreieck zwischen dem Foramen incisivum und den Foramina palatina sowie die Lage des Staphylions

Die Abstände zwischen dem Hintergrund des Foramen incisivums (7) und dem Foramina palatina dextra (8) et sinistra (9) und der Innenabstand beider Foramina palatina bilden ein gleichschenkeliges Dreieck.

Die Entfernung des Staphylions (6) vom Hinterrand des Foramen incisivums ist auf der Medianlinie dargestellt.

Mittelwert ----- SD

Die Abstände der Nervenaustrittspunkte und die Lage des Staphylions in der Medianebene sind bei bezahnten und unbezahnten Oberkiefern nahezu deckungsgleich. Die Streubreite (VAR, SD) der einzelnen Größen ist gering.

Im Bereich des interforaminellen Dreieckes und des Staphylions ist die Maxilla demnach keinen größeren resorptiven Veränderungen im Anschluß an den Zahnverlust unterworfen.

Im Rahmen einer explorativen Untersuchung der verschiedenen Meßdaten wird versucht, eine Regressionsgleichung (vergleiche Sachs, 1984) an die Meßwerte anzupassen.

Im Verlauf des Processus alveolaris im Oberkiefer wird in Graphik 9 dargestellt. Die Höhe des Alveolarfortsatzes wurde nicht berücksichtigt.

Die x- und y-Werte sind folgendermaßen definiert:

Die x-Werte kennzeichnen den transversalen Abstand von den definierten Meßpunkten auf dem Kieferkamm zur Mediansagittalebene.

Die y-Werte geben den Abstand von einer Geraden durch beide Foramina palatina in der Mediansagittalebene von dorsal nach ventral an.

Das nachstehende kubische Regressionsmodell wurde durchgerechnet: Jeder y-Meßwert (y_i) kann in folgende Abhängigkeit von den x-Werten (x_i) gebracht werden:

$$y_i = y_1 \dots y_n$$

$$x_i = x_1 \dots x_n$$

$$I. \quad y_1 = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3$$

$$y_2 = a + bx_2 + cx_2^2 + dx_2^3$$

$$y_i = a + bx_i + cx_i^2 + dx_i^3$$

$$y_n = a + bx_n + cx_n^2 + dx_n^3$$

Zur übersichtlicheren Berechnung wird das Gesamtmodell in Matrizenschreibweise dargestellt:

II.

$$\begin{array}{c} \underline{y} \\ \left[\begin{array}{c} y_1 \\ y_2 \\ y_2^- \\ \cdot \\ y_n \end{array} \right] \end{array} = \begin{array}{c} \underline{x} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & x_1 & x_1^2 & x_1^3 \\ 1 & y_2 & y_2^2 & y_2^3 \\ 1 & x_2^- & x_2^{-2} & x_2^{-3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_n & x_n^2 & x_n^3 \end{array} \right] \end{array} \begin{array}{c} \hat{\underline{b}} \\ \left[\begin{array}{c} a \\ b \\ c \\ d \end{array} \right] \end{array}$$

Die Lösung des Gleichungssystems wird wie nachstehend abgeleitet:

III. $\underline{y} = \underline{x} \underline{b}$ beidseitig von links multipliziert mit der transponierten Matrix $(\underline{x}^T)$

$\underline{x}^T \underline{y} = (\underline{x}^T \underline{x}) \underline{b}$ beidseitig von links multipliziert mit der inversen Matrix $(\underline{x}^T \underline{x})^{-1}$

$$(\underline{x}^T \underline{x})^{-1} (\underline{x}^T \underline{y}) = (\underline{x}^T \underline{x})^{-1} (\underline{x}^T \underline{x}) \underline{b} ;$$

da $(\underline{x}^T \underline{x})^{-1} (\underline{x}^T \underline{x}) = I$ (Einheitsmatrix)

ergibt sich:

$$(\underline{x}^T \underline{x})^{-1} (\underline{x}^T \underline{y}) = \underline{b}$$

Die Regressionsgleichung lautet:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

(a, b, c, d sind Konstanten).

Die Güte der Regressionsgleichung wird durch das Bestimmtheitsmaß (R-Square) wiedergegeben. R-Square bezeichnet den Anteil der Streuung des einen Merkmals, der durch die Veränderung des anderen bedingt ist.

z. B.: $R^2 = 61\%$ d. h.: 61 % der Streuung der y-Werte werden durch die x-Werte erklärt.

$$R^2 = \frac{R(\underline{b}) - R(b_0)}{y'y - R(b_0)} \quad (R^2 = \text{R-Square})$$

R^2 drückt auch das Verhältnis zwischen der, durch die Regression erklärten Verminderung der Summenquadrate $R(\underline{b})$ zum Gesamtbetrag der Summenquadrate $y'y$ aus. Die Reduktion durch das konstante Glied $R(b_0)$ wird als Korrekturfaktor berücksichtigt.

Schätzung der Regression für die vestibulären Alveolarfortsatzflächen:

Unbezahnte Oberkiefer

Bezahnte Oberkiefer

a : 46,3032

a : 51,508

b : 0,0142

b : 0,0012

c : 0,0434

c : 0,0387

d : $1,5321^{-5}$

d : $1,564^{-6}$

R-Square: 0,61

R-Square: 0,55

Schätzung der Regression für die palatinalen Begrenzungsflächen des Processus alveolaris:

Unbezahnte Oberkiefer

Bezahnte Oberkiefer

a : 44,5058

a : 46,7235

b : 0,0152

b : 0,0055

c : 0,0978

c : 0,0999

d : $3,16^{-5}$

d : $4,47^{-6}$

R-Square: 0,65

R-Square: 0,50

Ausgehend von den ermittelten durchschnittlichen transversalen Breiten ($\bar{x}$) ergeben sich nachstehende Beträge für y (senkrechte Projektion auf die Mediansagittalebene):

$\bar{x}$ und y-Werte für die vestibulären Alveolarfortsatzflächen:

Unbezahnte Oberkiefer:

Breite $\frac{\bar{x}}{2}$	y-Wert re	y-Wert li
+ 27,25	14,1529	13,9990
+ 27,7855	12,8628	12,7310
+ 27,238	14,1815	14,0271
+ 22,5755	24,3285	24,6811
+ 17,7025	32,8689	33,0389
+ 0	46,3032	

Bezahnte Oberkiefer:

Breite $\frac{\bar{x}}{2}$	y-Wert re	y-Wert li
+ 29,0	19,0342	18,9646
+ 31,2	13,9208	13,7509
+ 30,824	14,8211	14,6556
+ 26,176	25,0508	24,9319
+ 21,1	34,1550	34,0743
+ 0	51,508	

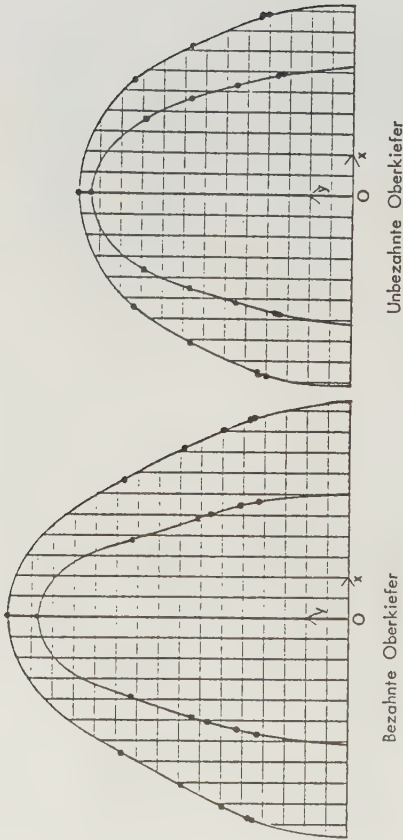
$\bar{x}$ und y-Werte für die palatinalen Begrenzungslinien des Kieferkammes:

Unbezahnte Oberkiefer:

Breite $\frac{\bar{x}}{2}$	y-Wert re	y-Wert li
+ 18,5595	10,8981	10,7380
+ 18,3415	11,6886	11,4537
+ 16,6825	17,3943	17,1806
+ 14,3015	24,6274	24,3775
+ 0	44,5058	

Bezahnte Oberkiefer:

Breite $\frac{\bar{x}}{2}$	y-Wert re	y-Wert li
+ 18,148	13,9479	13,6949
+ 17,3425	16,7960	16,5586
+ 16,1110	20,9003	20,6857
+ 15,350	23,2854	23,2641
+ 0	46,7235	



Graphik 9 : Graphische Darstellung der bezahnten und unbezahnten Oberkiefer

Die Zeichnung zeigt den Verlauf der vestibulären und palatinalen Begrenzungslinie des Processus alveolaris.
Die Darstellung basiert auf der Regressionsgleichung :

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Dem linken Bild ist der Verlauf bei bezahnten Maxillen , dem rechten Bild der bei unbezahnten Maxillen zu entnehmen.

Maßstab :

--	--

 $\hat{=}$ 6,5 mm²

6. Statistische Untersuchungen

6.1. Varianzanalyse

Zum Nachweis der Ähnlichkeit zwischen der Gruppe der bezahnten und der der unbezahnten Oberkiefer wird mit einer Varianzanalyse geprüft, ob bei den einzelnen Merkmalen signifikante Unterschiede bestehen oder nicht.

Die Nullhypothese besagt, daß beide Gruppen gleich sind. Bei einem Grenzwert für F von 3,93 (Wahrscheinlichkeitsniveau: F-Prob = 5 %) muß die Nullhypothese bei allen resorptionsabhängigen Meßgrößen abgelehnt werden, außer bei den im folgenden aufgelisteten Variablen:

Variable	F-Wert	F-Prob
1-1 ^b	1,911	0,1696
8-9	0,768	0,3826
7-8	1,102	0,2961
7-9	0,640	0,4253
7-6	0,859	0,3558

(Tabelle 5)

Für diese Maße kann kein signifikanter Unterschied zwischen den bezahnten und unbezahnten Oberkiefern festgestellt werden.

Einer gesonderten Tabelle sind der F-Wert und die F-Probability aller übrigen Variablen zu entnehmen (siehe Tabelle 6).

6. 2. T-Test

Für einen Seitenvergleich wird für die Alveolarfortsatzbreiten ($c/c^{\sim}$) und die palatinalen Höhen ($d/d^{\sim}$) an den definierten Meßpunkten (1 - 5, 1^ˆ - 5^ˆ) für bezahnte und unbezahnte Oberkiefer ein T-Test durchgeführt.

Es bestehen sehr hohe Korrelationen (C) zwischen den Meßwerten der rechten und der linken Seite des Processus alveo-

laris; sie schwanken bei den unbezahnten Oberkiefern zwischen 44 % und 89 % und bei den bezahnten Maxillen zwischen 71 % und 97 %. Im Mittel jedoch ergeben sich für alle Werte signifikante Unterschiede zwischen den beiden Seiten ($P < 0,05$).

Die Korrelation (C) und die 2-tailed Probability (P) der einzelnen Variablen sind Tabelle 7 zu entnehmen.

6. 3. Kolmogorov - Smirnov - Test

Obwohl natürliche Größen meist normal verteilt sind, wird mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft, ob die einzelnen Meßwerte einer Normalverteilung genügen oder nicht.

Die Nullhypothese fordert, daß den Werten eine Normalverteilung zugrunde liegt.

(Grenzwert : 2-tailed Probability : 5 %)

Die Nullhypothese muß nur für die folgenden zwei Meßwerte abgelehnt werden:

Bezahnte Oberkiefer:

Variabbe	Z-Wert	2-t Prob
2°d°	1,551	0,016
3°c°	1,694	0,006

Da beim größten Teil aller gemessenen Variablen die Unterstellung der Normalverteilung nicht abgelehnt werden kann, ist anzunehmen, daß bei diesen zwei Meßgrößen die Stichprobengröße nicht ausreichend war.

Der Z-Wert und die 2-tailed Probability der einzelnen Variablen ist für unbezahnte Maxillen in Tabelle 8, für bezahnte Maxillen in Tabelle 9 aufgelistet.

7. Diskussion und Ausblick

Aus unserer Untersuchung der transversalen Distanzen der Alveolarfortsatzflächen ergibt sich, daß Resorptionsvorgänge am Oberkiefer hauptsächlich vestibulär auftreten; der Verlauf der palatinalen Begrenzungslinien des Processus alveolaris hingegen ist nur unwesentlich verändert. Analog stellten Pietrovski und seine Mitarbeiter (1967, 1976) durch vergleichende Untersuchungen an Abdrücken und Zeichnungen fest, daß sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer die Resorption bukkal signifikant stärker abläuft als palatinal und sich die Zahnbogenlänge verkürzt. Der bukkale Knochenabbau soll im Molarengebiet signifikant größer sein als in der Prämolaren- und Frontzahnregion, die einander ähneln. Außerdem soll sich in beiden Kiefern das Zentrum des Kieferkammes nach palatinal bzw. lingual bewegen. Nach eigenen Messungen verhalten sich die Mittelwerte der transversalen bukkalen Distanzen im posterioren Bereich bis zur Mitte der Crista zygomatica alveolaris ziemlich einheitlich ($\bar{x}_{\text{unbezahnt}} = 55,4 - 55,5 \text{ mm}$, $\bar{x}_{\text{bezahnt}} = 58,0 - 61,6 \text{ mm}$) und verringern sich erst dann nach anterior. Die prozentuale Differenz zwischen beiden Gruppen steigt ebenfalls erst nach der Mitte der Crista zygomatica nach ventral stärker an. Dies deutet darauf hin, daß sich der Kieferkamm im posterioren Bereich nach Zahnverlust weniger verändert als im anterioren. Wetzel (1951) spricht von einem durchschnittlichen bukkalen transversalen Abstand von 57 - 62 mm im Bereich der Weisheitszähne. Sicher und Tandler (1928) geben die Oberkieferbreite beim Erwachsenen etwas abweichend von unseren Zahlen mit durchschnittlich 52 mm an. Leider werden keine Angaben über Meßmethode und -punkte, sowie den Zahnbefund der Maxillen gemacht; die unterschiedlichen Meßwerte ergeben sich wohl dadurch, daß es sich möglicherweise um ein anders geartetes Untersuchungs-

kollektiv gehandelt hat und die anatomischen Meßpunkte anders definiert werden. Im Gegensatz zu Pietrovski (1967, 1975, 1976) habe ich festgestellt, daß sich die transversalen Distanzen im ganzen Bereich der definierten Meßpunkte, außer am Foramen palatinum, um circa $7,0 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ nach Zahnverlust verringern; nach anterior vor der Mitte der Crista zygomatica alveolaris ist auch ein prozentualer Anstieg der resorptiven Veränderungen zu beobachten.

Im Bereich der palatinalen Begrenzungslinien des Processus alveolaris zeigen sich nur geringfügige Unterschiede (ΔD): 2,2 - 6,8 %) zwischen der Gruppe der bezahnten und der unbezahnten Maxillen; dies dürfte nicht auf den Zahnbestand sondern auf die Inhomogenität der Präparatsammlung sowie Meßgenauigkeiten zurückzuführen sein.

In Übereinstimmungen zu unseren Untersuchungen stellt Atwood (1971) fest, daß die Atrophie labial, auf dem Kieferkamm und im Unterkiefer lingual auftritt. Er hat die strukturellen Veränderungen in Maxilla und Mandibel nach Zahnverlust mittels Fernröntgenanalyse untersucht (Abbildung 7).

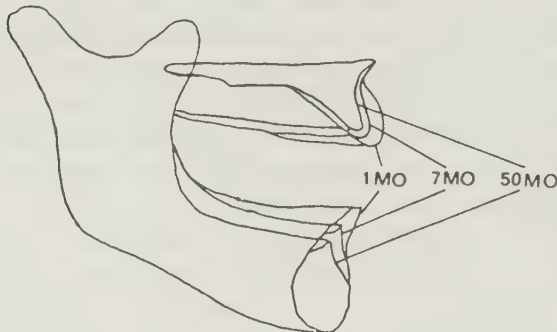


Abbildung 7
(umgezeichnet nach Atwood 1971)

Die Breite des Alveolarfortsatzes reduziert sich nach Zahnverlust nach eigenen Untersuchungen um ca. 2,2 - 4,3 mm bzw. 20,2 - 32,6 % der ursprünglichen Breite.

Johnson (1963) bestätigt diese Angaben; er hat den Resorptionsverlauf durch Vergleich von Gipsmodellen und Fernröntgenanalysen überprüft; er gibt nach normaler Extraktion einen Breitenverlust von 3,0 - 7,0 mm sowohl für den posterioren als auch für den anterioren Bereich an. Die eigenen Meßergebnisse zeigen, daß die prozentuale Resorptionsrate im ventralen Bereich des Alveolarfortsatzes größer ist als im dorsalen. Zum Vergleich sei Lam (1960) erwähnt, der die Resorption mit Zeichnungen charakteristischer Querschnitte von Gipsmodellen für die Oberkieferfront dargestellt hat (siehe Abbildung). Er stellt circa 12 Monate nach der Extraktion eine Abnahme der Alveolarfortsatzbreite um circa 3,05 - 5,55 mm fest.

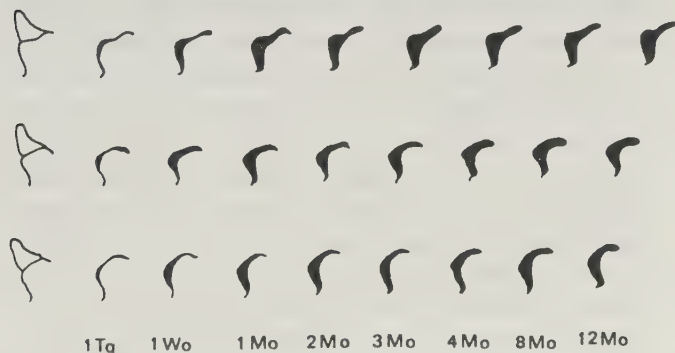


Abbildung 8

(umgezeichnet nach Lam 1960)

Die Zeichnungen veranschaulichen die fortschreitende Formveränderung des Processus alveolaris innerhalb eines Jahres nach Extraktion. Anhand charakteristischer Schnitte von Gipsmodellen wurden die Zeichnungen angefertigt.

In der Höhe atrophiert der Kieferkamm nach eigenen Untersuchungen um ca. 2,8 - 4,9 mm bzw. 26,2 - 43,5 % der ur-

sprünglichen Höhe; die Höhenabnahme steigt ab der Mitte der Crista zygomatica nach anterior an. Bei Kontrolluntersuchungen 12 Monate nach der Extraktion wird ein Höhenverlust von 3,0 - 7,0 mm (Johnson 1963) für den posterioren Bereich des Alveolarfortsatzes bzw. von 2,5 - 5,0 mm für die Oberkieferfront festgestellt (Johnson 1963, Lam 1964). Tallgren (1972) ermittelte anhand von Langzeitstudien und durch Röntgenuntersuchungen einen anterioren Höhenverlust im Oberkiefer während 13,5 jähriger prothetischer Versorgung von 2,2 mm und bei einem Untersuchungsintervall von 15 Jahren nach 10 jähriger prothetischer Versorgung eine Resorption von 0,8 mm. Ergänzend sei angefügt, daß der Oberkiefer im Verhältnis zum Unterkiefer circa um 1/4 weniger stark atrophiert (Tallgren 1969 bei einer 7 jährigen Kontrolluntersuchung). Die vergleichsweise geringen Resorptionswerte der letztgenannten Untersuchung erklären sich möglicherweise durch die Wahl des Untersuchungszeitraumes. Der Knochenabbau ist in den ersten 6 - 12 Monaten nach der Extraktion am größten (Lam 1960, Atwood 1971).

Danach verläuft die Atrophie langsamer. Insgesamt jedoch decken sich die eigenen Daten gut mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren, die ihre Studien an lebenden Menschen mit anderen Meßverfahren durchführten.

Nachteilig erweist sich bei den Langzeitstudien die geringe Probandenzahl, die Anwendung nicht standardisierter und somit nicht vergleichbarer Meßpunkte, die schwierige Reproduzierbarkeit der Untersuchungsverfahren sowie die Inhomogenität des Krankengutes. Außerdem beschränken sich die Untersuchungen nur auf die Oberkieferfront. Projektionsfehler bei der Röntgenuntersuchung beeinflussen die Ergebnisse. Bei Abmessungen an Gipsmodellen treten Differenzen zwischen der unterschiedlich dicken Weichteildecke und der

Knochenoberfläche auf; bei wiederholten Untersuchungen kommt es an den Modellen zu einem Gipsabrieb, der die Meßgenauigkeit beeinträchtigen kann. Die eigenen Meßergebnisse sollen als Anhaltswerte verstanden werden, da Faktoren wie Alter, Geschlecht, Zeitpunkt und Zeitraum des Zahnverlustes, parodontale Schädigung, Traumata, individuelle und rassische Unterschiede, Allgemeinzustand, Mundhygiene u.s.w. nicht bekannt sind und deshalb bei allen Überlegungen ausser acht gelassen werden müssen.

Anatomische Meßpunkte sind nicht so genau lokalisierbar wie technische; durch Übung und Erfahrung sowie Markierung mit einem Feinminenstift ($\emptyset$ 0,3 mm) ist die Meßgenauigkeit zu verbessern (nach Herren, zitiert in Schenk, Wiemann und Regensburger 1983). Straka (1982) schätzt bei kieferorthopädischen Gaumenbogenmessungen auf mechanischem Wege die Genauigkeit von 0,25 mm. Ungenauigkeiten können durch die Verwendung von Meßzirkel und Schublehre (Ablesegenauigkeit 0,1 mm) sowie aufgrund der nicht berührungsfreien Messung durch Gipsabrieb verursacht werden.

Bei den bezahnten Oberkiefern sind die Werte gleichmäßiger verteilt, d. h. Standardabweichung und Variationskoeffizient sind kleiner als bei unbezahnten Maxillen. Die Zähne halten offensichtlich durch ihre Funktion und durch die von ihnen übertragene mechanische Belastung die Form der knöchernen Strukturen konstant. Nach Zahnverlust fehlt dieser funktionelle Reiz und die Alveolarfortsätze atrophieren in Abhängigkeit von der Restbelastung, der knöchernen Substanz, der prothetischen Versorgung, dem Gesundheitszustand und dispositionellen Faktoren; dies erklärt zum Teil die größere Streuung der Meßdaten bei unbezahnten Maxillen.

Im Bereich der Nervenaustrittspunkte am harten Gaumen (Foramen incisivum, - palatinum) bis hin zum Staphylon treten nach Zahnverlust eigenen Messungen zufolge kaum Veränderungen

auf. Fröhlich (1950) bestätigt, daß das Gaumendach und die laterale Fläche des Oberkieferknochens unverändert erhalten bleiben. Der Gaumen scheint durch die dicke Fett- und Drüsenschicht und deren Pufferwirkung besonders vor Resorption geschützt zu sein (Fröhlich 1952). Ergänzend stellte Johnson (1964) mittels Fernröntgenanalysen fest, daß der hintere Teil des Gaumens seine Beziehung zur Schädelbasis nicht verändert. Der harte Gaumen ist demnach eine äußerst stabile Struktur, die kaum merkbaren Veränderungen unterworfen ist.

Im unbezahnten Kiefer wird der Kaudruck nicht mehr über die Parodontien in physiologische Zugkräfte umgewandelt, sondern direkt über die Mucosa auf den Knochen übertragen; diese unphysiologische Belastung (Fröhlich 1950, 1954) fördert osteoklastische Abbauvorgänge, die nur partiell durch reparative Vorgänge kompensiert werden (Grohs 1935, Häupl 1943).

Parallel zur Atrophie des Alveolarfortsatzes verdicken sich die Weichteile und werden nachgiebiger; Kau- und Prothesendruck werden dann abgeschwächt weitergeleitet. Infolge der gesteigerten Schleimhautresilienz wird das Drüsen- und Fettgewebe des harten Gaumens stärker belastet. Dadurch verteilt sich die mechanische Krafteinwirkung des Prothesendruckes auf eine größere Fläche und der Alveolarfortsatz wird relativ entlastet (Fröhlich 1950, 1952).

Jede Über- und Fehlbelastung einzelner Kieferregionen, Primärkontakte bei der prothetischen Versorgung, mangelhafte Okklusion sowie eine Ventral- und Kranialverlagerung des Kiefergelenkes (Marxkors 1980), die Verteilung der Belastungszentren und der parodontale Befund der Restzähne (Kraft 1966) begünstigen die Knochenresorption.

Aufgrund der Kräfteverteilung ist der Knochenabbau in der Frontzahnregion doppelt so groß wie im Molarengebiet

(Marxkors 1980). Diese Resorptionsverteilung wird auch durch die eigenen Meßegebnisse bestätigt. Fröhlich (1950, 1952) berichtet zusätzlich von der Ausbildung eines Schlotterkammes bei starker Alveolarkammdystrophie und insuffizientem Prothesensitz.

Bei der Versorgung mit Totalprothesen wird die Gegend des 2. Prämolaren und 1. Molaren als prothetisches Kauzentrum betrachtet (Voss und Schwickerath 1958). Van Thiel (zitiert nach Voss und Schwickerath) fand in dieser Region den geringsten Knochenabbau. Eigene Untersuchungen bestätigen, daß die Resorption im Gebiet um die Mitte der Crista zygomatica alveolaris schwächer verläuft als in anderen Kieferbereichen. Dies kann durch die Abstützung des Oberkiefers gegen mechanische Belastungen zur Schädelbasis und zum Jochbeinmassiv durch Trajektorien (zitiert nach Barth in Birkenbeil 1931) bedingt sein.

Zur Schaffung eines günstigen Prothesenlagers und um eine niedrige Resorptionsrate zu erhalten, fordern zahlreiche Autoren (Behrmann 1961, Bruce 1966, Wictorin 1969, Michael und Barsoum 1976) eine möglichst schonende Extraktion; andere wiederum befürworten eine interseptale Alveolektomie, um ästhetische und funktionelle Vorteile zu erzielen (Body 1962, Mackay 1964, Wictorin 1969).

Alveolen-Stabilisatoren aus Aluminiumoxid-Keramik werden als Formkörper in die leere Alveole eingepflanzt, um einen voluminöseren Kieferkamm zu erhalten und eine Atrophie weitgehend zu vermeiden (Münch 1980). Das Keramikmaterial muß stabil verkeilt und unter dem Knochenniveau verankert sein (Denissen und de Groote 1979). Allerdings kommt es bei diesen Alveolen-Stabilisatoren in circa 50 % zum Verlust, nachdem sie sekundär durchgebrochen sind (Cranin 1984). Um dem vorzubeugen, empfehlen Nentwig und Kniha (1984) beim Verlust von Frontzähnen und bei bestehenden Kontraindikationen für

eine Versorgung mit Einzelimplantaten, eine Auffüllung bzw. An- und Auflagerung mit granulären Kalziumphosphatkeramiken. Nach der Extraktion erfolgt der Knochenumbau durch äußere Resorption und innere, endostale Ablagerung (Enlow 1968). Die Konfiguration des neuen Knochens paßt sich der knöchernen Oberfläche, an der die Ablagerung erfolgt, an.

Um nun nach partiellem oder totalem Zahnverlust die Voraussetzungen für die Eingliederung eines künstlichen Zahnersatzes zu verbessern, werden in der präprothetischen Chirurgie in den letzten Jahren verschiedene Methoden angewendet.

Durch formende Knochenkorrekturen und Plastiken am Tuber maxillae und im Vestibulum kann die Auflage für eine konventionelle Prothese verbessert werden. Bei starker Knochenatrophie ist eine absolute Alveolarkammerhöhung erforderlich; dies kann mit auto- oder alloplastischen Materialien durchgeführt werden. In letzter Zeit wird Hydroxylapatit zur Knochenerhöhung, als Knochenersatz und als Zahnwurzel verwendet (Kent, Quinn, Zide, Finger und Jarcho 1982).

In der Parodontologie wird es zur Auffüllung parodontaler Defekte eingesetzt (Rabalais, Yukna, Mayer 1981).

Calciumphosphat-Materialien bestehen als Hydroxylapatit $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)$ oder dem schneller resorbierbaren Tricalciumphosphat $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$. Hydroxylapatit ist chemisch und kristallographisch dem natürlichen Knochematerial vergleichbar. Ein bioaktiver Grenzflächenmechanismus fördert eine Kontaktosteogenese ohne intermediäre Bindegewebsschicht (Osborn, Kovacs, Kallenberger 1980). Es besitzt eine positiv osteotrope Wirkung und beschleunigt den Heilungsprozeß, im Körpermilieu setzt es Calcium- und Phosphationen frei und fördert auf diese Weise in Defekten eine schnelle und relativ intensive Knochenneubildung (Mittelmeier, Nizard 1982).

Wird eine mechanische Befestigung des Zahnersatzes angestrebt, so eignet sich im Oberkiefer nach eigenen Untersuchungen insbesondere der harte Gaumen und der dorsale, vestibuläre Teil des Alveolarfortsatzes bis zur Mitte der Crista zygomatica alveolaris.

Die ersten subperiostalen Implantate wurden von Dahl (1943) Gershkoff und Goldberg (1949) und Ogus (1941) gesetzt. Linkow (1978) und Steiner und Schmidinger (1976) empfehlen beim Pterygoid-Extensions-Implantat eine zusätzliche Abstützung auf der Pars retromolaris des Tuber maxillae, dem Processus pyramidalis ossis palatini und dem Hamulus pterygoideus ossis sphenoidalis; außerdem müssen Durchtrittspunkte von Gefäßen und Nerven, besonders das Foramen incisivum und die Foramina palatina majora, sowie die Ausdehnung des Sinus maxillaris berücksichtigt werden.

Bei partiellem Zahnverlust, insbesondere nach Frontzahntraumen, sind Einzelzahnimplantate erfolgversprechend; nach Schulte (1981) bleibt dadurch die orofaziale Atrophie des Alveolarfortsatzes aus. Das Implantat sollte, wie auch die eigenen Untersuchungen bestätigen, gegenüber dem natürlichen Zahn etwas nach palatinal verlagert und allseitig von Knochen umgeben sein (Schulte 1981).

Aufgrund der kurz angeführten Möglichkeiten der Implantologie ist es also erforderlich, die resorptiven Prozesse am Processus alveolaris genauer zu kennen und zu berücksichtigen. Die vorliegende Arbeit soll dabei weitere Aufschlüsse vermitteln.

8. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Nach dem Zahnverlust ist eine Reduktion des Alveolarfortsatzes im Oberkiefer in der Höhe und in der Breite festzustellen.
2. Der Höhenverlust erstreckt sich über den gesamten Alveolarfortsatz, ist aber nach ventral stärker ausgeprägt.
3. Die Verschmälerung des Processus alveolaris nach Zahnverlust ist besonders deutlich in der Front- bzw. Prämolarenregion. Im wesentlichen findet sie auf der vestibulären Seite statt.
4. Die Variationsbreite der Meßwerte ist ventral größer als in den dorsalen Abschnitten.
5. Die Abstände des Foramen incisivum von den Foramina palatina und vom Staphylion bleiben innerhalb der individuellen Schwankungsbreite konstant und sind unabhängig von der Bezahnung; d. h. in dieser Region sind keine größeren Abbauvorgänge feststellbar.

9. Anhang

Um die Übersicht zu erleichtern, werden sämtliche Ergebnisse in den nachfolgenden Tabellen zahlenmäßig dargestellt.

Die Zahl (n) der untersuchten Maxillen beträgt bei den unbezahnten 63, bei den bezahnten 54.

Links werden die Einzelresultate der unbezahnten Oberkiefer, rechts die der bezahnten verzeichnet.

Für jede Gruppe ist von links nach rechts der Meßwert, der Mittelwert ($\bar{x}$) und die Standardabweichung (SD) in Millimeter (mm) und der Varianzkoeffizient (VAR) in Prozent (%) aufgeführt.

Unter jeder Meßserie ist die entsprechende Graphik angegeben.

Unbezahnter Ok n = 63				Bezahnter Ok n = 54			
Meßwert	$\bar{x}$ (mm)	SD(mm)	VAR(%)	Meßwert	$\bar{x}$ (mm)	SD(mm)	VAR(%)
1-1 ^a	54,5	4,4	8,0	1-1 ^a	58,0	3,9	6,8
2-2 ^a	55,6	4,4	8,0	2-2 ^a	62,4	3,4	5,5
3-3 ^a	54,5	4,8	8,8	3-3 ^a	61,6	3,0	5,0
4-4 ^a	45,2	5,0	11,0	4-4 ^a	52,4	3,3	6,4
5-5 ^a	35,4	5,2	14,6	5-5 ^a	42,4	3,5	8,3
(siehe Graphik 1)				(siehe Graphik 2)			
1-1 ^b	37,1	2,8	7,6	1-1 ^b	36,3	3,6	9,9
2-2 ^b	36,7	2,5	6,8	2-2 ^b	34,7	2,7	7,7
3-3 ^b	33,4	2,7	8,2	3-3 ^b	32,2	2,6	8,2
4-4 ^b	28,6	3,5	12,4	4-4 ^b	30,7	3,0	9,7
5-5 ^b	22,9	3,4	14,9	5-5 ^b	24,0	2,5	10,3
(siehe Graphik 1)				(siehe Graphik 2)			

Tabelle 1

Unbezahnter Ok n = 63				Bezahnter Ok n = 54			
Meßwert	x(mm)	SD(mm)	VAR(%)	Meßwert	x(mm)	SD(mm)	VAR(%)
1c	8,7	2,0	23,0	1c	10,9	1,7	15,3
2c	9,3	2,3	23,9	2c	13,8	1,2	8,5
3c	10,5	2,6	24,2	3c	14,5	1,0	7,0
4c	8,3	2,2	26,9	4c	10,7	1,3	11,7
5c	6,2	1,9	31,0	5c	9,2	1,0	11,2
(Siehe Graphik 4)				(siehe Graphik 4)			
1 ⁻ c ⁻	8,7	1,9	21,5	1 ⁻ c ⁻	11,0	1,6	14,7
2 ⁻ c ⁻	9,6	2,3	24,2	2 ⁻ c ⁻	13,9	1,1	8,2
3 ⁻ c ⁻	10,5	2,5	23,7	3 ⁻ c ⁻	14,7	0,9	6,0
4 ⁻ c ⁻	8,3	2,2	26,2	4 ⁻ c ⁻	10,7	1,2	11,1
5 ⁻ c ⁻	6,2	1,9	31,3	5 ⁻ c ⁻	9,2	1,1	12,5
(siehe Graphik 4)				(siehe Graphik 4)			
1d	8,0	2,0	25,9	1d	11,2	1,6	14,5
2d	8,2	2,3	27,6	2d	12,7	1,8	14,4
3d	8,3	2,5	30,0	3d	12,7	1,6	12,8
4d	8,1	2,6	32,2	4d	12,9	2,0	16,0
5d	6,4	2,1	33,0	5d	11,3	2,5	22,0
(siehe Graphik 5)				(siehe Graphik 6)			
1 ⁻ d ⁻	7,9	2,3	29,3	1 ⁻ d ⁻	10,7	1,4	13,4
2 ⁻ d ⁻	8,2	2,2	26,8	2 ⁻ d ⁻	12,0	1,9	15,8
3 ⁻ d ⁻	8,1	2,6	31,5	3 ⁻ d ⁻	12,2	1,7	13,5
4 ⁻ d ⁻	7,7	2,4	32,0	4 ⁻ d ⁻	12,2	2,0	16,6
5 ⁻ d ⁻	6,1	2,1	34,5	5 ⁻ d ⁻	10,8	2,4	22,3
(Siehe Graphik 5)				(siehe Graphik 6)			

Tabelle 2

Vergleich der Mittelwert von bezahnten und unbezahnten Oberkiefern

In der nachstehenden Tabelle werden die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der bezahnten und unbezahnten Maxillen für die jeweiligen Meßgrößen dargestellt.

Von links nach rechts sind neben dem Meßwert die Differenz der Mittelwert in Millimeter ($\Delta D(\text{mm})$) in Prozent ($\Delta D(\%)$) aufgeführt.

Die Differenzangaben beziehen sich auf die entsprechenden Mittelwerte der bezahnten Oberkiefer.

Meßwert	$\Delta D(\text{mm})$	$\Delta D(\%)$	Meßwert	$\Delta D(\text{mm})$	$\Delta D(\%)$
1-1'a	3,5	6,0	1-1'b	- 0,8	2,2
2-2'a	6,8	10,9	2-2'b	- 2,0	5,8
3-3'a	7,1	11,5	3-3'b	- 1,2	3,7
4-4'a	7,2	13,7	4-4'b	2,1	6,8
5-5'a	7,0	16,5	5-5'b	1,1	4,6

(siehe Graphik 3)

1c	2,2	20,2	1'c'	2,3	20,9
2c	3,3	23,9	2'c'	4,3	30,9
3c	4,0	27,6	3'c'	2,4	27,9
4c	2,4	22,4	4'c'	2,4	22,4
5c	3,0	32,6	5'c'	3,0	32,6

(siehe Graphik 4)

1d	3,2	28,6	1'd'	2,8	26,2
2d	4,5	35,4	2'd'	3,8	31,7
3d	4,4	34,6	3'd'	4,1	33,6
4d	4,8	37,2	4'd'	4,5	36,9
5d	4,9	43,4	5'd'	4,7	43,5

(siehe Graphik 7)

Tabelle 3

Varianzanalyse

Variable	: F-Wert	F-Prob	Variable	:F-Wert	F-Prob
1-1 ⁻ a	21,387	0,0	5-5 ⁻ a	70,527	0,0
1-1 ⁻ b	1,9111	0,1696	5-5 ⁻ b	3,975	0,0486
1c	39,711	0,0	5c	101,767	0,0
1 ⁻ c ⁻	51,740	0,0	5 ⁻ c ⁻	97,031	0,0
1d	82,675	0,0	5d	133,999	0,0
1 ⁻ d ⁻	59,764	0,0	5 ⁻ d ⁻	123,043	0,0
2-2 ⁻ a	85,087	0,0	7-8	1,102	0,2961
2-2 ⁻ b	17,431	0,0001	7-9	0,640	0,4253
2c	174,762	0,0	8-9	0,768	0,3826
2 ⁻ c ⁻	159,063	0,0	7 ⁻ -6	8,854	0,0036
2d	136,116	0,0	7-6	0,859	0,3558
2 ⁻ d ⁻	101,045	0,0			
3-3 ⁻ a	89,0302	0,0			
3-3 ⁻ b	5,237	0,0239			
3c	115,163	0,0			
3 ⁻ c ⁻	128,711	0,0			
3d	121,862	0,0			
3 ⁻ d ⁻	103,148	0,0			
4-4 ⁻ a	81,863	0,0			
4-4 ⁻ b	11,800	0,0008			
4c	51,259	0,0			
4 ⁻ c ⁻	51,455	0,0			
4d	117,903	0,0			
4 ⁻ d ⁻	118,812	0,0			

Tabelle 6

T-Test für bezahnte Oberkiefer

Meßpunkt :	Meßwert	
	c/c'	d/d'
1/1'	C: 0,0667 P: 0,000	C: 0,443 P: 0,000
2/2'	C: 0,783 P: 0,000	C: 0,570 P: 0,000
3/3'	C: 0,886 P: 0,000	C: 0,710 P: 0,000
4/4'	C: 0,854 P: 0,000	C: 0,671 P: 0,000
5/5'	C: 0,850 P: 0,000	C: 0,754 P: 0,000

T-Test für bezahnte Oberkiefer

Meßpunkt :	Meßwert	
	c/c'	d/d'
1/1'	C: 0,930 P: 0,000	C: 0,889 P: 0,000
2/2'	C: 0,924 P: 0,000	C: 0,907 P: 0,000
3/3'	C: 0,719 P: 0,000	C: 0,836 P: 0,000
4/4'	C: 0,926 P: 0,000	C: 0,924 P: 0,000
5/5'	C: 0,926 P: 0,000	C: 0,967 P: 0,000

Tabelle 7

Kolmogorov-Smirnow-Test bei unbezahnten Oberkiefern

Variable	: Z-Wert	2-t Prob	Variable	: Z-Wert	2-t Prob
1-1 ⁻ a	0,880	0,421	5-5 ⁻ a	0,572	0,899
1-1 ⁻ b	0,904	0,387	5-5 ⁻ b	0,782	0,574
1c	0,949	0,328	5c	0,961	0,315
1 ⁻ c ⁻	1,309	0,065	5 ⁻ c ⁻	0,902	0,389
1d	1,309	0,065	5d	0,987	0,285
1 ⁻ d ⁻	0,856	0,456	5 ⁻ d ⁻	0,945	0,334
2-2 ⁻ a	1,066	0,205	7-8	1,112	0,169
2-2 ⁻ b	0,914	0,374	7-9	0,815	0,521
2c	0,754	0,620	8-9	1,181	0,123
2 ⁻ c ⁻	0,783	0,573	7 ⁻ -6	1,142	0,147
2d	1,086	0,189	7-6	1,020	0,249
2 ⁻ d ⁻	1,023	0,246			
3-3 ⁻ a	0,899	0,408			
3-3 ⁻ b	0,973	0,300			
3c	0,764	0,603			
3 ⁻ c ⁻	0,684	0,737			
3d	1,003	0,267			
3 ⁻ d ⁻	1,007	0,263			
4-4 ⁻ a	0,889	0,408			
4-4 ⁻ b	0,542	0,930			
4c	0,914	0,374			
4 ⁻ c ⁻	1,012	0,257			
4d	0,897	0,397			
4 ⁻ d ⁻	1,022	0,247			

Tabelle 8

Kolmogorov-Smirnow-Test bei bezahnten Oberkiefern

Variable	: Z-Wert	2-t Prob	Variable	: Z-Wert	2-t Prob
1-1 ⁻ a	0,872	0,433	5-5 ⁻ a	0,746	0,633
1-1 ⁻ b	0,931	0,352	5-5 ⁻ b	0,775	0,586
1c	0,876	0,427	5c	1,007	0,262
1 ⁻ c ⁻	0,783	0,572	5 ⁻ c ⁻	1,129	0,156
1d	1,454	0,029	5d	0,764	0,604
1 ⁻ d ⁻	1,144	0,146	5 ⁻ d ⁻	1,172	0,128
2-2 ⁻ a	0,757	0,616	7-8	1,356	0,051
2-2 ⁻ b	0,891	0,405	7-9	1,116	0,165
2c	1,155	0,139	8-9	0,918	0,368
2 ⁻ c ⁻	1,154	0,139	7 ⁻ -6	0,884	0,415
2d	1,185	0,120	7-6	1,023	0,246
2 ⁻ d ⁻	1,554	0,016			
3-3 ⁻ a	0,744	0,637			
3-3 ⁻ b	0,882	0,418			
3c	1,347	0,053			
3 ⁻ c ⁻	1,694	0,006			
3d	1,282	0,075			
3 ⁻ d ⁻	1,377	0,045			
4-4 ⁻ a	1,052	0,218			
4-4 ⁻ b	0,968	0,306			
4c	1,010	0,259			
4 ⁻ c ⁻	1,147	0,144			
4d	0,825	0,504			
4 ⁻ d ⁻	1,001	0,268			

Tabelle 9

10. Literaturverzeichnis

- Applegate O.C. (1954) zitiert nach Atwood (1962)
- El-Ashiry G.M. et al (1970/1971) zitiert nach Fessler (1974)
- Atwood D.A., Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges, J. Prosth. Dent., 26 (1962) 441 - 450
- Atwood D.A., Reduction of residual ridges: A major oral disease entity, J. Prosth. Dent., 26 (1971) 266 - 277
- Axelsson P. und Lindhe J. (1978) zitiert nach Selikowitz Sheiham, Albert und Williams
- Axhausen W., Die Bedeutung der Individual- und Artspezifität der Gewebe für die freie Knochenverpflanzung, Hefte zur Unfallheilkunde, 72 (1962)
- Barth M. zitiert nach Birkenbeil (1931)
- Behrmann S.J., Surgical preparation of edentulous ridges for complete dentures, J. Prosth. Dent., 11 (1961) 404 - 413
- Birkenbeil C., Das Trabekularsystem des Unter- und Oberkiefers unter besonderer Berücksichtigung des Alveolarfortsatzes im Molarengebiet im normalen und pathologischen Zustand, Med. Diss., Köln 1931
- Björn A.L., Ejlert H. und Grkovic B (1969) zitiert nach Ellegaard (1976)
- Body L.H., Surgical preservation of dental-bearing ridges, J. Prosth. Dent., 12 (1962) 60 - 62
- Boucher C.O. et al (1975) zitiert nach Parkinson (1978)
- Bruce R.W., Immediate denture service designed to preserve oral structures, J. Prosth. Dent., 16 (1966) 811 - 821
- Burkhardt L. und Petersen H. (1928) zitiert nach Schweiberer (1970)

v. Compte zitiert nach Mühlreiter und de Jonge Cohen (1928)
Cranin A.N., Hydroxylapatite - bounty or bust? Vortrag der
Jahrestagung der AAID in Atlanta (USA), Oktober 1984
Cryer J. (1916) zitiert nach Parkinson (1978)

Dahl G. (1943) zitiert nach Strub, Gysi, Schärer (1983)
Denissen H.W. und de Groote K., Immediate dental root
implants from synthetic dense Calcium hydroxylapatite,
J. Prosth. Dent., 42 (1979) 551 - 554

Ehler E., Schumacher G.H. und Pfau H., Zur prothetischen
Form des Processus alveolaris des menschlichen Oberkie-
fers, Anatomischer Anzeiger 128 (1971) 402 - 408

Ellegaard B., Bone grafts in periodontal attachment
procedures, J. of clinical periodontology 3 (1976)
Suppl. 2 - 54

Engström H. (1943) zitiert nach Schweiberer (1970)

Enlow D.H. (1963) zitiert nach Schweiberer (1970)

Enlow D.H., The human face, Hoebe Medical Division,
Harper Row Publishers, New York, Evanston, London
1968

Fesseler A., Klinische und tierexperimentelle Untersuchen-
gen über den Einfluß weiblicher Geschlechtshormone - ins-
besondere der sogenannte Ovulationshemmer - auf das mar-
ginale Parodontium, Med. Habil., Mainz 1974

Fox J. (1809) zitiert nach Heintzel H. (1954)

Fröhlich E., Das Verhalten des Kieferknochens unter dem
Einfluß schleimhautgetragener Plattenprothesen, Dt. Zahn-
ärztl. Z. 5 (1950) 1222 - 1240

Fröhlich E., Gewebsveränderungen als Folge schleimhautge-
tragener Prothesen, Dt. Zahnärztl. Z. 7 (1952) 107 - 118

Fröhlich E., Gewebsveränderungen bei der traumatischen Okklusion, zugleich ein Beitrag zu den tiefen Zahnbetterkrankungen, Dt. Zahnärztl. Z. 9 (1954) 302 - 309

Frost H.M. (1963/1964) zitiert nach Schweiberer (1970)

Gebhardt W. (1906) zitiert nach Motsch A. (1965)

Gershkoff A. (1949) zitiert nach Strub, Gysi, Schärer (1983)

Glickman J. (1958) zitiert nach Atwood (1962)

Glickman J. (1963) zitiert nach Ellegaard (1976)

Goerke zitiert nach Birkenbeil (1931)

Grohs (1935) zitiert nach Fröhlich (1950)

Häupl (1943) zitiert nach Fröhlich (1950)

Heintzel H., Über Gaumenrippe und Gaumenwulst, Dt. Zahn-Mund- Kieferheilkunde 21 (1954) 111 - 121

Herren P. zitiert nach Schenk, Wiemann und Regensburger (1983)

Hidmann H., Lammert F., Meertens A. und Scheerer W.D., Über die Zusammenhänge zwischen Nasenrachen, Tubenabstand und Oberkieferform, Quintess Zahnärztl. Lit. 6 (1983) 1179 - 1180

Hotz R.P., Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen, Thieme Stuttgart 1976, 27 - 87

Johnson K., A study of dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction, Part I: Normal healing Australian Dental Journal 8 (1963) 428 - 433

Johnson K., A study of dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction, Part II: Closed face immediate denture treatment, Australian Dental Journal 9 (1964) 6 - 13

- Kent G.N., Zide M.F., Jarcho M., Quinn J.H., Finder J.M., Rothstein S.S., Correction of alveolar ridge deficiencies with nonresorbable hydroxylapatite, Jada 105 (1982) 993 - 1001
- Kimball D.H. (1954) zitiert nach Sobolik (1960)
- Knese K.H. (1966) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Knese K.H. und Knoop A.M. (1958) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Kordachi B., Wolffe G.N. und Manson J.D., Gingival inflammation and bone loss in periodontal disease, J. of clinical Periodontology 6 (1979) 252 - 259
- Kraft E., Über Untersuchungen des Prothesenlagerschwundes bei partiellem Zahnersatz unter Berücksichtigung des parodontalen Befundes der restlichen Zähne, Dt. Zahnärztl. Z. 21 (1966) 222 - 225
- Lam R.V. Contour changes of the alveolar processes following extractions, J. Prosth. Dent. 10 (1960) 25 - 38
- Lindhe et al (1973) zitiert nach Kordachi, Wolffe und Manson (1979)
- Linkow L.I. (1978) zitiert nach Strub, Gysi, Schärer (1983)
- Löe H. et al (1965) zitiert nach Ellegaard (1976)
- Löe H. et al (1978) zitiert nach Selikowitz, Sheiham, Albert und Williams (1980)
- Mackay D.R. (1964) zitiert nach Michael und Barsoum (1976)
- Marxkors R., Zusammenhänge zwischen Okklusion totaler Prothesen und Knochenabbau, Dt. Zahnärztl. Z. 35 (1980) 1036 - 1038
- Michael C.G. und Barsoum W.M., Comparing ridge resorption with various surgical techniques in immediate dentures, J. Prosth. Dent., 35 (1976) 142 - 155

- Mittelmeier H., Nizard M., Knochenregeneration mit industriell gefertigtem Collagen-Apatit-Implantat ("Colloput") in Osteogenese und Knochenwachstum, hrsg. von Hackenbroch M.H., Referior J.J., Häger M., Georg Thieme, Stuttgart, New York 1982, 194 - 198
- Mollison Th., Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. VII, Methoden der vergleichenden morphologischen Forschung, Urban und Schwarzenberg, Berlin, Wien 1928, Teil 2, Heft 3
- Motsch A., Spannungsoptische Experimente zur funktionellen Anatomie des Unterkiefers, Med. Habil, Freiburg/Breisgau 1965
- Mühlemann H.R. (1951/1952) zitiert nach Fesseler (1974)
- Mühlreiter und de Jonge Cohen E., Anatomie des menschlichen Gebisses, Arthur-Felix, Leipzig 1928
- Münch M., Der Alveolenstabilisator aus Aluminiumoxidkeramik, Zahnärztl. Praxis 31 (1980) 355 - 356
- Nentwig G.H., Kniha H., Die Rekonstruktion lokaler Alveolarfortsatzrezessionen im Frontzahnbereich mit Calciumphosphatkeramik, Persönliche Mitteilungen, 1984
- Ogus (1941) zitiert nach Strub, Gysi, Schärer (1983)
- Orell S. (1941) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Ortman H.R., Factors of bone resorption of the residual ridge, J. Prosth. Dent., 12 (1962) 429 - 440
- Osborn J.F., Kovacs E., Kallenberger A., Hydroxylapatitkeramik Entwicklung eines neuen Biowerkstoffes und erste tierexperimentelle Ergebnisse, Dt. Zahnärztl. Z. 35 (1980) 54 - 56
- Parkinson C.F., Similarities in resorption patterns of maxillary and mandibular ridges, J. Prosth. Dent., 39 (1978) 598 - 602

- Pauwels F., Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe, Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte 121 (1960) 478 - 515
- Petrokovski J. und Massler M., Alveolar ridge resorption following tooth extraction, J. Prosth. Dent., 17 (1967) 21 - 27
- Petrokovsky J., The bony residual ridge in man, J. Prosth. Dent., 34 (1975) 456 - 462
- Petrokovsky J., Sorin S. und Hirschfeld Z., The residual ridge in partially edentulous patients, J. Prosth. Dent., 36 (1976) 150 - 158
- Pliess G., Die reaktive Plastizität des Knochens, Dt. Zahn-ärztl. Z. 24 (1969) 99 - 109
- Puls P. (1967) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Ponlot (1960) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Rabalais M.L., Yukna R.A. und Mayer E.T., Evaluation of durapatit ceramic as an alloplastic implant in periodontal osseous defects, J. Periodont 52 (1981) 680 - 689
- Rateitschak K.H. (1967) zitiert nach Fessler (1974)
- Reifenstein E. (1950) zitiert nach Sobolik (1960)
- Rogers W. und Applebaum E. (1941) zitiert nach Petrokovsky und Massler (1967)
- Roux W. (1895) zitiert nach Pauwels (1960)
- Sachs L., Angewandte Statistik, Anwendung statistischer Methoden, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984, 6. Auflage
- Saller K., Leitfaden der Anthropologie, Morphologische Methoden, Julius Springer, Berlin 1930, 39 - 70
- Schei et al (1959) zitiert nach Ellegaard (1976)

- Schenk H.J., Wiemann C. und Regensburger K., Eine stereophotogrammetrische Gerätekombination zur Vermessung Kieferorthopädischen Gebißmodellen, Stomatologie DDR 33 (1983) 462 - 468
- Schulte N., Das enossale Tübinger Implantat aus Al_2O_3 (Frialit^R), Der Entwicklungsstand nach 6 Jahren, Sonderdruck "Zahnärztl. Mitteilungen 71 (1981) Heft 19 und 20
- Schumacher G.H., Ehler E., Brune K. und Pfau H., Untersuchungen über die geometrische Form des Zahnbogens und des Alveolarfortsatzbogens bei Erwachsenen, Z. Stomat. 1970 (20) 729 - 732
- Schumacher G.H., Ehler E. und Pfau H., Über die geometrische Form des Zahn- und Alveolarfortsatzbogens in wachsenden Kiefern, Fortschr. Kieferorthop. 31 (1970) 381 - 387
- Schweiberer L., Experimentelle Untersuchungen von Knochenimplantaten mit unveränderter und mit denaturierter Knochengrundsubstanz, Unfallheilkunde, Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1970
- Selikowitz H.S., Sheiham A., Albert D., Williams G.M., Retrospective longitudinal study of the rate of alveolar bone loss in human using bite-wing radiographs, J. of clinical Periodontology 8 (1981) 431 - 438
- Sicher H. und Tandler J., Anatomie für Zahnärzte, Springer, Wien, Berlin 1928, 271 - 343
- Sicher H., Lloyd E. und Du Brul, Oral anatomy C.V. Mosby company, St. Louis 1970, 5. Auflage, 385 - 395
- Sobolik C.F., Alveolar bone resorption, J. Prosth. Dent., 10 (1960) 612 - 619
- Söderholm G., Lysell L., Svensson A., Changes in the jaws in chronic renal insufficiency on haemodialysis, J. of clinical Periodontology 1 (1974) 36 - 42

- Steiner A.E. und Schmidinger S., Die Versorgung der zahnlosen Patienten mit implantologischem Zahnersatz, Orale Implantologie, DGZI, 1976, 71
- Stieda zitiert nach Aller (1930) 69
- Stöckli P.W. zitiert nach Hotz (1976) Postnataler Wachstumsverlauf, Kieferwachstum und Entwicklung der Dentition 27 - 87
- Straka L., Die Fotogrammetrie in der Stomatologie, Stomatol. DDR 32 (1982) 227 - 228
- Strub J., Gysi B., Schärer P., Schwerpunkte in der oralen Implantologie und Rekonstruktion, Quintessenz, Berlin, Chicago, London, Rio de Janeiro, Tokio 1983
- Svanberg G. (1973) zitiert nach Ellegaard (1976)
- Swenson R. (1947) zitiert nach Pietrokovski und Massler (1967)
- Tallgren A., Alveolar bone loss in dental wearers as related to facial morphology, Acta Odont Scand. 26 (1969) 251 - 270
- Tallgren A., The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers, A mixed longitudinal study covering 25 years, J. Prosth. Dent., 27 (1972) 120 - 132
- Tench R.W. (1938) zitiert nach Atwood (1962)
- van Thiel zitiert nach Voss und Schwickerath (1958)
- Triepel H. (1908/1922) zitiert nach Motsch (1965)
- Tylman S.D. und Tylman S.G. (1960) zitiert nach Pietrokovski und Massler (1967)
- Uehlinger E., (1967) zitiert nach Schweiberer (1970)
- Voss P. und Schwickerath H., Die Statik der totalen Platte, Dt. Zahnärztl. Z. 13 (1958) 770 - 773

Waerhaug J. (1967) zitiert nach Ellegaard (1976)

Wetzel G., Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte, Gustav Fischer Jena, 1951, 6. Auflage

Wictorin L., An evaluation of bone surgery in patients with immediate dentures, J. Prosth. Dent., 21 (1969) 6 - 13

Wolff J., Das Gesetz der Transformation der inneren Architektur der Knochen bei pathologischen Veränderungen der äußeren Knochenform, Nachdruck der Ausgabe von 1884 in Histo-Morphologie des Bewegungsapparates 1, hrsg. von Draessert K. und Rütt A., Art und Science, München 1981

Young R.W. (1963) zitiert nach Schweiberer (1970)

Zeiger K. (1933) zitiert nach Motsch (1965)

Ziskin (1936/1937) zitiert nach Fessler (1974)

Herrn Prof. Dr. Dr. D. Schlegel möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas, die wertvollen Hinweise und die Unterstützung danken, die mir bei der Ausführung dieser Arbeit zuteil wurden.

Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. Platzer an der Anatomischen Anstalt in Innsbruck und Herrn Prof. Dr. Frick an der Anatomie der Universität München für die Bereitstellung der Schädel.

Für seinen wissenschaftlichen Rat möchte ich mich bei Herrn Dr. Dr. Randzio bedanken.

Lebenslauf

Eltern : Richard Koch, Landwirt
Dr. Rosl Koch, geb. Mathes, Zahnärztin

Geschwister : Franz Koch

Geburtsdatum : 18. Mai 1959

Geburtsort : Regensburg

Bekenntnis : römisch-katholisch

Schulbesuch : 1965 - 1969 Volksschule in Nieder-
traubling
1969 - 1978 Werner-von-Siemens-
Gymnasium in Regensburg
1978 Abitur

Hochschulausbildung : 1978 - 1984 Studium der Zahnheil-
kunde an der Ludwig-Maximilians-
Universität in München
14. August 1984 Approbation
seit 1. 10. 1984 Assistenzarztstelle
an der Klinik und Poliklinik für Zahn-
Mund- und Kieferchirurgie in München

